

NOTA 1490

november 1984

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
Wageningen

ALTERRA
Wageningen Universiteit & Research centre
Omgevingswetenschappen
Centrum Water & Klimaat
Team Integraal Waterbeheer

INVLOED VAN DIVERSE FACTOREN OP
DE NITRAATUITSPOELING EN -VERPLAATSING IN
HET GRONDWATER BIJ ZANDGRONDEN
(experiment met diepe lysimeters)

ing. H.P. Oosterom

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatiemiddelen, dus geen officiële publikaties.

Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op een eenvoudige weergave van cijferreeksen, als op een concluderende discussie van onderzoeksresultaten. In de meeste gevallen zullen de conclusies echter van voorlopige aard zijn omdat het onderzoek nog niet is afgesloten.

Bepaalde nota's komen niet voor verspreiding buiten het Instituut in aanmerking

I N H O U D

	blz.
1. INLEIDING EN PROBLEEMSTELLING	1
2. OPZET EN INRICHTING VAN HET LYSIMETER-EXPERIMENT	4
3. TEMPERATUUR EN REDOXPOTENTIAAL IN GRONDWATER	9
4. WATER- EN STIKSTOFHUISHOUDING	9
4.1. Waterbalans	9
4.2. Nitraatuitspoeling	13
4.3. Nitraat in het grondwatersysteem	14
4.4. Nitraatverplaatsing in het grondwater	17
5. SAMENVATTING EN CONCLUSIES	23
6. LITERATUUR	25
BIJLAGEN	26

ALTERRA
Wageningen Universiteit & Research centre
Omgevingswetenschappen
Centrum Water & Klimaat
Team Integraal Waterbeheer

1. INLEIDING EN PROBLEEMSTELLING

Van oudsher worden landbouwgronden bemest om te komen tot een zo hoog mogelijke opbrengst van gewassen. Voordat het gebruik van kunstmest gemeengoed werd, waren het voornamelijk de voedingselementen, die de beperkende factor vormden voor een goede groei. Door de komst van de kunstmest is het mogelijk geworden om voldoende en naar behoefte te doseren.

Door de stormachtige ontwikkeling in de landbouw van niet grondgebonden bedrijven na W.O. II, nam naar evenredigheid de produktie van dierlijke mest toe, zodat op dit moment de mestproduktie op veel bedrijven groter is dan de behoefte op eigen bedrijf. In veel gevallen wordt op bouwland echter nog een aanvullende gift kunstmest-stikstof gegeven, omdat de hoeveelheid minerale stikstof in de bodem in het voorjaar niet overéénkomt met de behoefte van het gewas. Bij een dosering naar stikstof, gerekend met een gemiddelde werkingscoëfficiënt van de najaars- en voorjaarsgift van circa 55%, vindt bij alle dierlijke mestsoorten een overdosering plaats van fosfaat en kali (tabel 1). Door de grotere verliezen bij toediening in het najaar, ligt de werkingscoëfficiënt van de najaarsgift lager.

In gebieden met intensieve veehouderij is snijmais een veel voorkomend gewas. Enerzijds is het een aantrekkelijk voedergewas, anderzijds ondervindt het niet snel nadelige gevolgen van de overdosering met drijfmest. In de praktijk zijn giften van 200 tot 300 m³/ha bouwland geen bijzonderheid (LEXMOND, 1982). De stikstofverliezen door uitspoeling van nitraat kunnen daardoor hoog oplopen, zoals tabel 2 laat zien. De verliezen in deze tabel genoemd, hebben betrekking op de hoeveelheid nitraat-stikstof, die het vlak van 1 m -mv passeert en als zodanig als verloren voor de plant kan worden beschouwd (OOSTEROM, 1983).

Tabel 1. Hoeveelheden dierlijke mest ($\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$) en de daarmee gegeven hoeveelheden stikstof, fosfaat en kali (CAD voor Bodemaangelegenheden in de Landbouw, 1983), gebaseerd op de stikstofbehoefte bij een bedrijf met een bouwplan, dat uit 25% aardappelen, 33% suikerbieten en 42% granen bestaat

	Kunst- mest	Runder- drijfmest	Varkens- drijfmest	Kippe- mest (vochtig)	Slacht- kuiken- mest (vast)
Mestgift ($\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$)	-	60	50	20	10
Drogestofgehalte (o/oo)	-	95	80	320	580
Stikstof ($\text{N kg} \cdot \text{ha}^{-1}$)	145	265*	275*	250*	260*
Fosfaat ($\text{P}_2\text{O}_5 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$)	70	110	235	375	240
Kali ($\text{K}_2\text{O kg} \cdot \text{ha}^{-1}$)	120	330	250	180	215

*werkingscoëfficiënt circa 55%

Tabel 2. Jaarlijkse stikstof-uitspoeling (kg N/ha) naar het grondwater op percelen met verschillende r.d.m. giften (m^3/ha) op zandgrond met als gewas snijmais (1 m^3 r.d.m. bevat 5 kg N)

Uitspoelings- periode	Afvoer (mm)	N-verliezen (kg/ha) per bemestingsniveau				
		100 m^3	150 m^3	200 m^3	250 m^3	300 m^3 (r.d.m./ ha)
1977/1978	330	164	255	275	465	368
1978/1979	350	143	248	260	400	442
1979/1980	294	143	152	281	379	412
1980/1981	385	175	331	524	517	641
1981/1982	285	181	270	357	382	390
Gem. per periode	329	161	251	340	429	451
Uitspoeling (kg N/m^3 r.d.m.)		1,61	1,67	1,70	1,72	1,50

De nitraat-concentraties in het grondwater, gemeten op de diepte 1 m -mv zijn uitgezet in fig. 1. Ter bescherming van de gezondheid van de mens hanteert de W.H.O. een NO_3 -norm voor drinkwater. De toelaatbare grenswaarde is vastgesteld op 100 mg NO_3 /l (d.i. 22,4 mg $\text{NO}_3\text{-N}$ /l). Binnen de E.E.G. wil men een maximaal toelaatbare concentratie van 50 mg NO_3 /l als norm gaan stellen. De gezondheidsdienst voor dieren adviseert gehalten van maximaal 30 mg NO_3 /l in verband met vergiftigingsverschijnselen in samenhang met nitraathoudende voedergewassen.

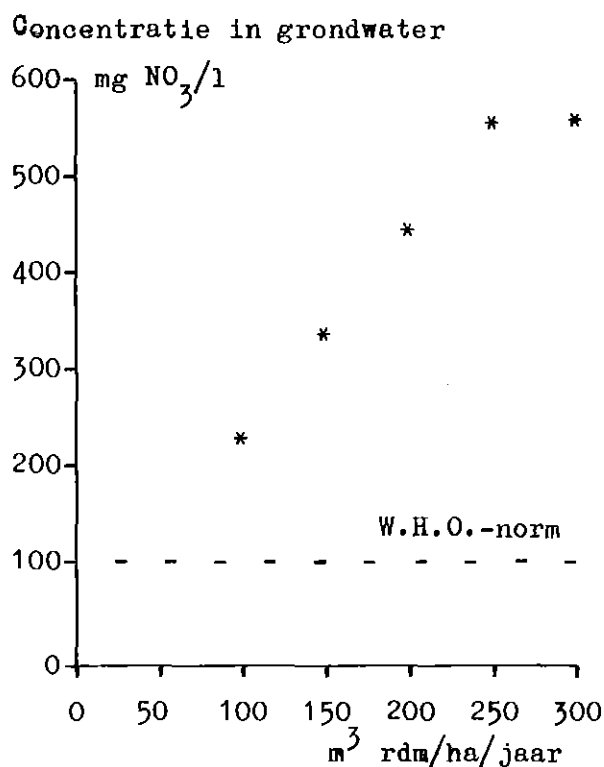


Fig. 1. Nitraatconcentratie in het grondwater op 1 m diepte van snijmaispercelen op zandgrond, waar jaarlijks runderdrijfmest wordt aangewend (OOSTEROM, 1984)

Bij gebruik van drijfmest, ook bij lage giften, zijn de NO_3 -concentraties in het bovenste grondwater te hoog voor de eis die aan drinkwater wordt gesteld. De vraag dringt zich op in hoeverre er tijdens het transport naar de diepere ondergrond verlaging van de

NO_3 -concentratie mogelijk is en in welke mate dit gebeurt. De factor verblijftijd in het grondwater en de eigenschappen van de bodemsedimenten spelen daarbij een belangrijke rol in verband met het denitrificatieproces.

Om meer inzicht in deze materie te krijgen is een experiment opgezet met diepe ronde lysimeters. Deze lysimeters bieden de mogelijkheid om de nitraatveranderingen tijdens het transport in de verzadigde zone, ten gevolge van de jaarlijkse neerslagoverschotten nauwkeurig te volgen. Bij de inrichting van de kolommen is aandacht besteed aan factoren, die het denitrificatieproces kunnen beïnvloeden. Variaties in bemesting, bodemsamenstelling en grondwaterregiem zijn aangebracht. In deze nota zijn de bevindingen van enkele jaren (1977-1982) onderzoek bijeengebracht met vermelding van de voorlopige resultaten. Een deel van deze gegevens, namelijk van de jaren 1977, 1978 en 1979, is bewerkt door VERDONSCHOT (1980).

2. OPZET EN INRICHTING VAN HET LYSIMETER-EXPERIMENT

Op het proefterrein Sinderhoeve te Renkum zijn in 1977 in een bestaande lysimeterkelder 6 ronde kolommen (lysimeters) geplaatst, samengesteld uit polyester met glasvezel versterkt en een diameter van 0,8 m. De kolommen staan verticaal opgesteld met vlak boven de bodem een drainafvoer op 3,3 m diepte. Doordat de kolommen aanvankelijk 1,3 m boven het bestaande maaiveld uitstaken, is de kelder verhoogd en omgeven met een aarden talud. De bovenkant van de kolommen staat in open verbinding met de atmosfeer.

De kolommen zijn gevuld met 2 duidelijk verschillende zandgronden, te weten een kalkhoudende en een kalkarme zandgrond, afkomstig van respectievelijk de Achterhoek en de Peel (tabel 3). Het verschil komt met name tot uiting in de zuurgraad (tabel 5). Deze twee zandgronden mogen representatief geacht worden voor gebieden waar intensieve veehouderij aanwezig is.

Om binnen de kolommen een constante temperatuur te waarborgen, is een isolatiemantel van steenwol rondom de kolommen aangebracht. Controle van eventuele warmteuitwisseling is mogelijk door middel van thermokoppels, die zich op verschillende diepten in de kolommen en op verschillende afstanden tot de wand bevinden. In het eerste onderzoeksjaar zijn regelmatig temperatuurmetingen verricht.

Tabel 3. Samenstelling en opbouw van de bodem in de verschillende kolommen

Herkomst van de grond	Laag (cm)	Org. stofgeh. (gew.%)	Minerale delen			M ₅₀ -cijfer
			<2μ	2-50μ	50-210μ	
Achterhoek (1 t/m 5)	0- 50	3,4	5,5	11,6	82,9	160
	50-330	0,9	3,3	4,4	92,3	152
Peel (kolom 6)	0- 30	5,1	2,9	6,2	90,9	160
	30- 50	2,2	2,7	7,5	89,8	162
	50-330	0,3	2,6	3,7	93,7	161

Ter beoordeling van de processen, die in het grondwater plaats kunnen vinden zijn eveneens op verschillende diepten redox-koppels aangebracht. De verhouding van de gereduceerde stoffen en geoxydeerde stoffen bepalen de redox-potentiaal. De redox-potentiaal wordt opgegeven als een spanning (mV). In tabel 4 staat het spanningsgebied aangegeven, met daarbij vermeld de processen die men achtereenvolgens kan verwachten.

Tabel 4. Achtereenvolgende processen in de bodem, die optreden onder reducerende omstandigheden (HOEKS, 1972)

Reductie-fase	Proces	Redox potentiaal (mV)	Aanwezige micro-organismen
1ste fase	- verdwijnen van O ₂	+600 tot +500	aeroob
	- verdwijnen van NO ₃ ²⁻	+500 tot +200	zowel aeroob als anaeroob
	- vorming van Mn ²⁺	+400 tot +200	
	- vorming van Fe ²⁺	+300 tot +100	
2de fase	- vorming van S ²⁻	0 tot -150	anaeroob
	- vorming van H ₂	-150 tot -220	
	- vorming van CH ₄	-150 tot -220	

Bepaling van het vochtgehalte in de bovenste 1,5 m van de kolom is mogelijk met de γ -transmissie-methode (VAN SCHIJNDEL, 1979). Om deze meting mogelijk te maken zijn in elke kolom 2 koperen buizen verticaal ingebracht, voorzien van coating. Metingen zijn slechts 1 maal uitgevoerd en wel op een moment dat de vochttoestand van de bodem op veldcapaciteit was.

Voor het verzamelen van watermonsters uit de kolom, wordt gebruik gemaakt van keramische potjes, ook wel filterkaarsen genoemd (lengte 10 cm, \varnothing 2 cm en wanddikte 2 mm). In het potje wordt via een aangesloten slangetje onderdruk aangebracht, waardoor het water via de wand wordt aangezogen. Het water wordt vervolgens afgevoerd via het slangetje naar de eveneens onder vacuum aangesloten fles. Op deze wijze is niet alleen het water in de verzadigde zone te bemonsteren, maar tevens in de onverzadigde, althans wanneer de vochtspanning niet hoger ligt dan een pF-waarde van circa 2,8. In de verzadigde zone bestaat tevens de mogelijkheid om rechtstreeks via een permanent aanwezig slangetje te bemonsteren. Deze slangetjes zijn bij het instromingseind omwonden met een nylonkousje om verstopping te voorkomen. De laatste methode werkt snel en is dan ook veelal toegepast. Aan het einde van een afvoerperiode wordt het grondwater in de kolommen om de 20 cm bemonsterd en geanalyseerd op NO_3 , Cl en E.C. (electrisch geleidingsvermogen).

Tijdens een afvoerperiode wordt van elke 40 mm grondwaterafvoer dat de kolom via de drain heeft verlaten eveneens het NO_3 -gehalte, Cl-gehalte en totaal zout (E.C.) bepaald. Het grondwater is incidenteel op een diepte van 1,7 en 2,7 m bemonsterd, waarin een meer uitgebreide analyse is uitgevoerd, te weten voor Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- , Kjeld.N, NO_3^- , NH_4^+ , tot.-P, ortho-P, COD, TOC en pH (bijlage 11).

De grondwaterstand wordt per lysimeter (kolom) met een niveau regelaar beheerst. Afhankelijk van de grootte van het neerslagoverschot, verplaatst het grondwater zich over een bepaalde diepte, waarbij de hoeveelheid, die via de drain en niveauregelaar wordt afgevoerd in een vat wordt opgevangen en gemeten. Elke lysimeter heeft een vaste wintergrondwaterstand, waarmee het groeiseizoen wordt gestart. Voor kolom 1,2, 3 en 6 is de hoogste waterstand 1,0 m -mv en voor de kolommen 5 en 4 respectievelijk 0,5 en 1,5 m -mv (tabel 5). Hydrologisch gezien is er sprake van een grondwaterprofiel, een contactprofiel en een hangwaterprofiel. In de loop van het groeiseizoen is er altijd een verdampingsoverschot.

Tabel 5. Bemesting, grondwaterstand en de zuurgraad van het moeder-materiaal van de verschillende lysimeters

	Herkomst grond	v.d.m.gift (8% d.s.) m^3 /ha/jaar	Grondwaterstand winter	gem. laagste	Zuurgraad (pH-H ₂ O)
Lysimeter 1	Achterhoek	60	1,0	1,3	6,0
2	"	150	1,0	1,4	6,0
3	"	300	1,0	1,5	6,0
4	"	300	1,5	1,7	6,0
5	"	300	0,5	1,5	6,0
6	Peel	300	1,0	1,4	4,5

Doordat er geen vreemd water wordt aangevoerd treedt er een daling op van de grondwaterstand. De grondwaterstand wordt regelmatig afgelezen op het 'peilglas'.

Verschillen in nitraatbelasting van het grondwater worden gecreëerd door verschillende hoeveelheden drijfmest (varkensdrijfmest). Jaarlijks terugkerend ontvangen kolom 3, 4, 5 en 6 in het najaar (november) een gift van 300 m^3 vdm/ha. De kolommen 1 en 2 ontvangen respectievelijk 60 m^3 en 150 m^3 /ha. Na opbrengen van de drijfmest wordt deze direct ondergewerkt. Dosering vindt plaats op basis van een droge stofgehalte van 8,0%. Vervolgens is de drijfmest onderzocht op Kjeld.-N, totaal P, COD, Cl, SO₄, Ca, Mg, Na en K. *diep?*

Om de landbouwpraktijk na te bootsen, zou men bij dergelijke mesthoeveelheden snijmais moeten verbouwen. Teelt-technisch stuit dit op bezwaren, want bij een relatief klein bodemoppervlak ($\frac{1}{2} \text{ m}^2$) is de onnauwkeurigheid groot: het effect van een onregelmatige opkomst met enkele planten per kolom is relatief groot en door een grotere windgevoeligheid, met het risico van schade, zullen de resultaten eveneens worden beïnvloed. Vanwege deze bezwaren is gekozen voor kunstweide. Elk voorjaar wordt gras ingezaaid van het mengsel BG 11. De datum van omwerken van de zode valt ongeveer samen met de snijmais-oogst. Het gras wordt gedurende het groeiseizoen circa 4 x geoogst. Van het geoogste materiaal wordt de opbrengst bepaald, waarna in een monster het stikstofgehalte wordt bepaald.

Een overzicht van de experimentele condities, grondsoort, mest-dosering en grondwaterstand is per kolom weergegeven in tabel 5. Het verschil in grondsoort komt met name tot uiting in de zuurgraad van het grondwater, die voor kalkhoudende grond (kolom 1 t/m 5) 6,0 à 7,0 is en voor Peelgrond (kolom 6) een waarde heeft van circa 4,5.

In fig. 2 worden de inrichting en condities waaronder de proef is uitgevoerd aanschouwelijk weergegeven.

	kolom 1	kolom 2	kolom 3	kolom 4	kolom 5	kolom 6
Grondsoort	A	A	A	A	A	B
Bemesting	60 m ³ VDM/ha	150 m ³ VDM/ha	300 m ³ VDM/ha	300 m ³ VDM/ha	300 m ³ VDM/ha	300 m ³ VDM/ha
Afstand tot mv (m)						
0						
0,1	p	p	p	p	p	p
0,2						
0,3	p	p	p	p	p	p
0,4						
0,5	+ p	+ p	+ p*	+ p	x+x p _x xx	+ p
0,6						
0,7	+ p	+ p	+ p	+ p	+ p	+ p
0,8						
0,9	p	p	p	p	p	p
1,0	xxxxx	xxxx	xxxxx			xxxx
1,1	pk	pk	pk**	pk	pk**	pk
1,2						
1,3	+ pk	+ pk	+ pk	+ pk	+ pk	+ pk
1,4						
1,5	pk	pk	pk** xxx	pk x	pk**	pk
1,6						
1,7	+++ pk	+++ pk	+++ pk	+++ pk	+++ pk	+++ pk
1,8						
1,9	k	k	k	k	k	k
2,0						
2,1	p	p	p	p	p	p
2,2						
2,3	+ k	+ k	+ k	+ k	+ k	+ k
2,4						
2,5	p	p	p**	p	p**	pk
2,6						
2,7	k	k	k	k	k	k
2,8						
2,9	p	p	p	p	p	p
3,0						
3,1	k	k	k**	k	k**	k
3,2						
3,3	+ d	+ d	+ d	+ d	+ d	+ d

Verklaring: grondsoort A is kalkhoudend, herkomst Achterhoek
grondsoort B is kalkarm, herkomst Peel

xxxxx vaste wintergrondwaterstand

VDM varkensdrijfmest met 8% droge stof

+ redox-electrode

p keramisch potje voor bemonstering

k slangetje met kousje voor "

d drain, verbonden met niveauregelaar

* thermo-koppel

Fig. 2. Opzet en inrichting van het experiment met de diepe lysimeters te Renkum

3. TEMPERATUUR EN REDOXPOTENTIALAAL IN GRONDWATER

In de beginfase is met behulp van thermo-koppels de temperatuur in het grondwater gemeten op een diepte van 50, 105, 150, 250 en 300 cm -mv, waarvan de resultaten vermeld staan in bijlage 1. Deze gegevens laten zien dat de temperatuur onafhankelijk is van de afstand tot de wand. In het midden van de kolom en op een afstand van 5 cm van de wand wordt nagenoeg dezelfde temperatuur gemeten. Warmte-uitwisseling door de wand lijkt dan ook niet aanwezig te zijn. Op een diepte van 50 cm staat het temperatuurverloop in de tijd onder invloed van de atmosferische temperatuur. Ook onder in de kolom is een geringe variatie van slechts enkele °C geconstateerd. In de praktijk varieert de temperatuur van het bovenste grondwater van 7 - 13 °C (OOSTEROM, e.a. 1974). In de kolommen schommelt de temperatuur tussen de 10 en 16 °C. De omgevingstemperatuur, dat is de temperatuur in de kelder, ligt rond de 15 °C.

Incidenteel zijn ook redox-potentiaalmetingen verricht. De metingen staan genoteerd in bijlage 2. In tabel 4 is reeds vermeld bij welke potentiaal men welk proces(sen) kan verwachten. De uitkomsten van de metingen in de kolommen 1, 2 en 5, met name op grotere diepte, tonen de laagste potentiaal. In deze kolommen is onderin alle nitraat verdwenen. Het effluent van deze kolommen bevat gereduceerd ijzer en mangaan in oplossing. In de praktijk betekent dat, wanneer het water in aanraking komt met de atmosfeer, zoals in de niveauregelaar, het ijzer en mangaan oxideert en neerslaat, hetgeen verstopping geeft in het afvoersysteem.

4. WATER- EN STIKSTOFHULSHOUDING

4.1. Water balans

Om de verblijftijd van het grondwater in een kolom te kunnen berekenen en veranderingen in concentraties te kunnen verklaren is de waterbalans een noodzakelijk gegeven. In formule kan deze als volgt worden weergegeven:

$$T_n + T_b = E_r + A_d + A_b + \Delta V \quad (\text{mm})$$

waarin:

T_n = toevoer via neerslag

Tb = toevoer via bemesting
Er = evapotranspiratie
Ad = afvoer via drain naar vat
Ab = " " bemonstering
 ΔV = verandering in vochtberging

De balansperiode, die in deze nota aan de orde komt, begint op 1 april 1977 met als einddatum de datum van de eerste afvoer in december 1982. Het tijdstip van afvoer kan per kolom enkele weken uitéén liggen, hierdoor ontstaat het verschil in de hoeveelheid neerslag (tabel 6). De balansperiode omvat 6 groeiseizoenen en 5 uitspoelingsperiodes. Het verschil in vochtberging tussen de begin- en einddatum is nihil, aangezien op beide data de vochttoestand van de bodem op veldcapaciteit is. Het grondwater heeft dan de hoogste stand bereikt (bijlage 4). Behalve de verdamping, zijn alle andere posten waaruit de waterbalans is samengesteld, gemeten. In tabel 6 staat de verdamping als restpost vermeld. De neerslagmetingen zijn grotendeels verzameld op het proefterrein Sinderhoeve. Aanvullende gegevens over neerslag in de wintermaanden zijn overgenomen van de KNMI-stations Wageningen en Oosterbeek (bijlage 5). Met de drijfmest wordt per 100 m³/ha, circa 10 mm vocht aangevoerd. De hoeveelheid onttrokken water door monsternamen is eveneens een kleine post in het gehele verband. De kolomafvoer komt in perioden met een neerslagoverschot via een drain en niveauregelaar tot stand, waarna het in een vat wordt opgevangen en gemeten (bijlage 10).

De verdamping, berekend als restpost, heeft niet alleen betrekking op de gewasverdamping, maar ook op de verdamping van de kale grond tijdens de winterperiode. Afhankelijk van het winterweer zal deze hoeveelheid rond de 40 mm schommelen. Tevens dient opgemerkt te worden, dat de verdampingscijfers van het gewas niet zonder meer mogen worden overgebracht naar de praktijk in verband met randeffecten en de ligging van lysimeters ten opzichte van maaiveld en omgeving.

Uit de afvoerhoeveelheden van de kolommen kan theoretisch de verticale verplaatsing van het uitspoelingsfront worden bepaald. Het uitgangspunt hiervoor vormt het poriënvolume van de grond, dat voor de Achterhoek, respectievelijk Peelgrond 42 en 37% bedraagt (bijlage 3). Met behulp van deze gegevens is de theoretische verplaatsing berekend (tabel 7).

Tabel 6. Waterbalans over de periode 1 april 1977 t/m .. december 1982
met vermelding van de gemiddelde gewasproductie per seizoen

Kolom	1	2	3	4	5	6
Grondsoort ¹⁾	A	A	A	A	A	B
Drijfmestgift najaar ($\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{jaar}^{-1}$)	60	150	300	300	300	300
Waterstand W.G. ²⁾ (m -mv)	1,0	1,0	1,0	1,5	0,5	1,0
G.L.G. ³⁾ "	1,3	1,4	1,5	1,7	1,5	1,3
Neerslag Tn (mm)	4402	4402	4361	4402	4323	4402
Bemesting Tb (mm)	82	94	116	116	116	116
Drainafvoer Ad (mm)	1651	1635	1627	1651	1073	1447
Afvoer via bemonstering Ab (mm)	46	46	46	46	46	46
Verdamping Er (mm)	2787	2815	2804	2821	3320	3025
Gewasopbrengst (ton d.s. $\text{ha}^{-1} \cdot \text{jaar}^{-1}$)	9,1	12,4	14,9	13,2	18,7	11,4

1) A = kalkhoudend lemig fijn zand 2) wintergrondwaterstand
B = kalkarm, leemarm fijn zand 3) gem. laagste grondwaterstand

$$\Delta V \quad 0 \quad 0$$

Tengevolge van dispersie, veroorzaakt door de aanwezigheid van kleine en grote poriën (zogenaamde diffuse stroming) zal een deel van de verontreiniging een grotere diepte bereiken dan uit de berekening is af te leiden. Theoretisch is bij de kolommen 1, 2, 3, 4 en 6 na afloop van de 3de afvoerperiode het oorspronkelijk aanwezige water geheel vervangen. Voor kolom 5 zal deze gebeurtenis eerst in de 6de periode plaatsvinden. In het hoofdstuk dat nu volgt zal ingegaan worden op de nitraat-uitspoeling.

12

Tabel 7. De theoretisch berekende verplaatsing van het grondwater (h) veroorzaakt door het neerslagoverschot (NN) vanaf 1 april 1977 tot december 1982 en daarbij weergegeven de cumulatieve uitspoelingsdiepte d (cm -mv)

Periode	Kolom 1			Kolom 2			Kolom 3			Kolom 4			Kolom 5			Kolom 6		
	NN	h	d	NN	h	d	NN	h	d	NN	h	d	NN	h	d	NN	h	d
	(mm) Cum.	(cm)	(cm -mv)	(mm)	(cm)	(cm -mv)	(mm)	(cm)	(cm -mv)	(mm)	(cm)	(cm -mv)	(mm)	(cm)	(cm -mv)	(mm)	(cm)	(cm -mv)
1977 / 1978	341	81	181	422	101	201	479	114	214	437	104	254	365	87	137	384	104	204
1977 / 1979	650	155	255	738	176	276	671	160	260	739	176	326	478	114	164	654	177	277
1977 / 1980	1023	244	344	1069	255	355	966	230	330	1077	256	406	636	151	201	958	259	359
1977 / 1981	1391	331	431	1394	332	432	1358	323	423	1389	331	481	906	216	266	1240	335	435
1977 / 1982 dec.	1651	393	493	1635	389	489	1627	387	487	1651	393	543	1073	255	305	1447	391	491

april

in november.

12 jaar is in april driftnest gegeven + in november.

jan 30
minder
verdamping

jan 17
meer verdamping

4.2. N i t r a a t u i t s p o e l i n g

De grootte van de stikstofafvoer uit de wortelzone is nauw verbonden met de grootte van de mestgift, gewasopname en omzettingen, die zowel van chemische als van biologische aard kunnen zijn. In tabel 8 is een eenvoudige stikstofbalans weergegeven. De resultaten zijn afgeleid van de bijlagen 6, 7, 8 en 9.

Tabel 8. Jaarlijkse N-gift, N-opname door gewas en N-uitspoeling op 1,0 m -mv (periode april 1977 - december 1982)

	K1	K2	K3	K4	K5	K6
W.G.* (m -mv)	1,0	1,0	1,0	1,5	0,5	1,0
N-gift ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{jaar}^{-1}$)(bijl.6)	375	938	1875	1875	1875	1875
N-opname (")(" 7)	310	436	573	530	727	426
N-uitspoeling (")(" 8,9)	181	283	511	597	96	506

* W.G. = wintergrondwaterstand

Reeds na toediening van de drijfmest, kan een gedeelte van de stikstof verdwijnen door vervluchtiging van NH_3 . Doordat de mest ongeveer 1 dag na toediening ondergewerkt wordt, is de kans op verdwijning naar de atmosfeer tot een minimum beperkt. Het N-gedeelte dat tijdens het groeiseizoen niet wordt opgenomen en grotendeels als NO_3 in de bodem aanwezig is kan verloren gaan door uitspoeling. De jaarlijkse bemonstering van het grondwater, die op elke 20 cm plaatsvindt, maakt het mogelijk om de NO_3 -uitspoeling te kwantificeren (bijlage 8). De uitspoeling naar het bovenste grondwater tijdens de winterperioden is hieruit berekend (bijlage 9). En zoals tabel 8 laat zien is de grootte van de uitspoeling afhankelijk van een aantal factoren.

In de eerste plaats wordt de uitspoeling beïnvloed door de grootte van de drijfmestgift, oftewel het N-bemestingsniveau (kolom 1, 2 en 3). Bij een lage gift spoelt relatief meer uit dan men na aftrek van gift en opname zou verwachten. Extra toevoer vindt vermoedelijk plaats door afbraak van humus. De hogere giften laten relatief een geringere uitspoeling zien. Door biologische activiteit

zal in deze situatie humus vastgelegd kunnen worden. De uitspoeling zou echter op een hoger niveau hebben gelegen, als snijmais werd verbouwd.

De N-opname door snijmais bedraagt circa $200 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$. Gras neemt echter meer dan het dubbele op. De N-hoeveelheid, die bij hogere giften uitspoelt onder de gegeven omstandigheden is circa 1/3 deel van de toegediende hoeveelheid.

In de tweede plaats wordt bij gelijkblijvend bemestingsniveau de NO_3 -uitspoeling beïnvloed door het vochtgehalte in de wortelzone tijdens de winterperiode. De invloed van de grondwaterstand bij eenzelfde drijfmestgift ($300 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$) is onderzocht aan de kolommen 3, 4 en 5. Met name bij een hoge grondwaterstand neemt de uitspoeling sterk af. Aannemelijk is dat een groot deel van het NO_3 reeds in de bouwvoor denitrificeert, een proces waarbij NO_3 wordt omgezet in N_2 -gas. Een wintergrondwaterstand van 50 cm is landbouwkundig gezien, een matig goede ontwatering. Laaggelegen zandgronden kennen over het algemeen een veel ongunstiger situatie. Naarmate de ontwatering verbetert, zo blijkt uit het kolommenexperiment, neemt de uitspoeling eveneens toe. Ontwatering dieper dan 1,5 m geeft ten opzichte van een ontwatering op 1,0 m, nog een geringe toename van circa 10%. Een nog diepere ontwatering zal het vochtgehalte in de wortelzone nauwelijks meer beïnvloeden, zodat een nauwelijks hogere uitspoeling het gevolg zal zijn.

De twee kolommen, waar verschillen in bodemsamenstelling bij eenzelfde bemestingsniveau en gelijke vochttoestand (kolommen 3 en 6) zijn aangebracht, vertonen op het eerste gezicht geen verschillen in de N-uitspoeling. De gewasopname ligt echter bij kolom 6 150 kg N lager. Indien de opname gelijk zou zijn, mag men bij kolom 6 een lagere uitspoeling verwachten.

4.3. N i t r a a t i n h e t g r o n d w a t e r s y s t e e m

Benevens stikstof, waar in dit experiment het accent op ligt, worden met drijfmest ook de nodige zouten toegediend, waarvan het chloride-ion een betrekkelijk inert ion is. Het verplaatst zich vrijwel met dezelfde snelheid als het water, evenals het goed oplosbare nitraat-ion. Voordat het neerslagoverschot, met het meegevoerde nitraat en chloride de kolom op 3,3 m verlaat, zijn reeds enkele jaren

verstrekken, zodat het NO_3 -gehalte intussen sterk kan zijn gedaald, in tegenstelling tot het chloridegehalte, dat niet verandert.

Chloride vervult bij het transport van grondwater in de kolom een tracer functie. De theoretische verblijftijd van het grondwater van de kolommen, zoals berekend in par. 5.1, is circa 3 jaar. In kolom 5 is de verblijftijd langer, namelijk circa 5 jaar, doordat relatief minder water wordt afgevoerd tengevolge van de hogere gewasverdamping. Beschouwen we het grondwater als een gesloten systeem, dan zal na verloop van tijd de chloride-invoer op 1,0 m in evenwicht moeten zijn met de afvoer op 3,3 m. Hetzelfde zal in principe voor nitraat moeten gelden, ware het niet dat NO_3 onder invloed staat van afbraakprocessen. Tabel 9 geeft een beeld van de mate waarin nitraatreductie tijdens het transport in het grondwater van de kolommen plaatsvindt.

Tabel 9. Nitraat-stikstof en chloride uitspoeling ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{jaar}^{-1}$) van de lysimeters te Renkum gemeten in het bovenste grondwater op 1,0 m. (gem. over 5 jaar) en op 3,3 m (gem. over '80/'81 en '81/'82)

Bemesting (m^3 v.d.m. ha^{-1})	60	150	300	300	300	300
W.G. (m -mv)	1,0	1,0	1,0	1,5	0,5	1,0
Uitspoeling	N	Cl	N	Cl	N	Cl
op 1,0 m	181	108	283	209	511	364
op 3,3 m	10	83	5	158	104	360

Ten aanzien van het chloride-transport kan worden opgemerkt dat bij eenzelfde bemesting de jaarlijkse toevoer op 1,0 m nagenoeg gelijk zou moeten zijn. Er is echter een verschil dat mogelijk veroorzaakt wordt door verschil in opname door het gewas. Met name de chloride-afvoer van kolom 5 (zware bemesting en hoge grondwaterstand) blijft sterk achter. Jaarlijks wordt via bemesting met 300 m^3 v.d.m. circa $540 \text{ kg Cl} \cdot \text{ha}^{-1}$ aangevoerd (bijlage 6), waarvan de helft niet met het percolatiewater meekomt. Ook zijn de hoeveelheden op 1,0 en 3,3 m niet met elkaar in balans. En omdat chloride niet kan verdwijnen mag aangenomen worden dat dit veroorzaakt wordt door dispersie.

In vergelijking met chloride laat nitraat een geheel ander beeld zien. Om de verschillen in stikstofuitspoeling op de 2 diepten tussen de diverse kolommen te accentueren, zijn in tabel 10 de N-waarden weergegeven in verhoudingsgetallen, waarbij de N-gift bij 300 m³ gelijkgesteld is aan 100. Tevens is een correctie aangebracht voor de N-uitspoeling op 3,3 m door de chlorideuitspoeling op 3,3 m gelijk te stellen aan die op 1,0 m.

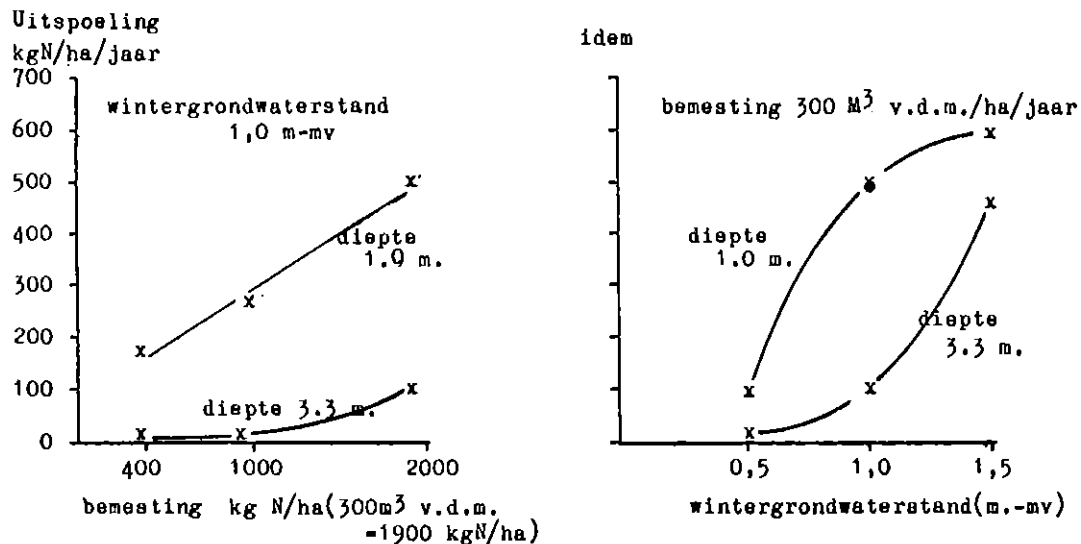
Tabel 10. NO₃-N uitspoeling op 1,0 en 3,3 m (nadat het uitspoelingsfront gepasseerd is), weergegeven in verhoudingsgetallen onder verschillende omstandigheden (100 \equiv N-gift bij 300 m³ v.d.m. = circa 1900 kg N.ha⁻¹; zie tabel 8)

Grondsoort	Lemig kalkhoudend zand (pH=6,0)					Kalkloos (pH=4,5)
Wintergrondwaterstand (m -mv)	1,0	1,0	1,0	1,5	0,5	1,0
N-gift	20	50	100	100	100	100
N-uitspoeling op 1,0 m -mv	10	15	27	32	5	27
N-uitspoeling op 3,3 m -mv	< 1	< 1	6	24	< 1	29

In het voorgaande hoofdstuk is reeds gewezen op de factoren, die bepalend zijn voor de NO₃-invoer (op 1,0 m) van het grondwatersysteem. Bij een grote NO₃-invoer blijkt de denitrificatie-capaciteit van de ondergrond van kolom 3 en 4 (pH 6,0 à 7,0 en 0,9% org. stof) te gering om alle NO₃ af te breken. Bovendien is bij een diepe grondwaterstand reeds een deel van de ingespoelde org. stof aeroob afgebroken. In het grondwater van die kolommen waar het NO₃ volledig wordt afgebroken (kolom 5, 2 en 1), is ook duidelijk een lagere redox-potentiaal gemeten (hoofdst. 3). In de kolom die gevuld is met een ander type ondergrond (kolom 6: pH 4,5 en org. stofgehalte 0,3%) is de denitrificatie verwaarloosbaar in tegenstelling tot kalkhoudende ondergrond. Lage pH-waarden hebben een remmende invloed op het omzettingsproces van NO₃ naar N₂-gas.

Van mindere betekenis in deze proefopzet is de beschikbaarheid van afbreekbare organische stof in de ondergrond. Het org. stofgehalte van de ondergrond van beide grondsoorten is laag. Slechts een fractie

hiervan is jaarlijks afbreekbaar. De invloed van bemesting en grondwaterstand op de aanwezigheid van nitraat in het grondwater gedurende een periode van 3 jaar, genoemd in tabel 9 en 10, staan grafisch weergegeven in fig. 3.



Aanduiding type ondergrond: x org.stof geh. 0,9 %, pH 6,0
• " 0,3 %, " 4,5

Fig. 3. Uitspoeling van $\text{NO}_3\text{-N}$ op 2 niveau's van het grondwater (1,0 en 3,3 m -mv) bij oplopende bemestingshoeveelheden en bij een verlaging van de grondwaterstand

4.4. N i t r a a t v e r p l a a t s i n g i n h e t g r o n d - w a t e r

De resultaten in de voorgaande paragraaf wijzen er reeds op dat afhankelijk van het bemestingsniveau, de hydrologische situatie en bodemkundige eigenschappen, de verplaatsing van NO_3 sterk kan wisselen. Aan de hand van het neerslagoverschot kan de verplaatsing van het uitspoelingsfront van jaar tot jaar worden berekend (tabel 7). Chloride geeft een indicatie van de juistheid van deze theoretische benadering. Het NO_3^- en Cl-verloop in de achteréénvolgende jaren

staat weergegeven in de figuren 4, 5 en 6, waarin tevens de diepte van het theoretische uitspoelingsfront staat aangegeven. De figuren worden nu besproken.

Bij geringe drijfmestgiften, zoals bij kolom 1 (fig. 4), kunnen de NO_3 -concentraties in het bovenste grondwater reeds flink oplopen. Als het grondwater zich echter over korte afstand heeft verplaatst, is een groot gedeelte van het nitraat niet meer terug te vinden. In het grondwater van de kolommen 2 en 3 met een toenemende bemesting komen hogere gehalten voor. Ook wordt bij een oplopende bemesting een zeer groot deel tijdens het grondwatertransport van 1,0 naar 3,3 m gedenitrificeerd. Op het moment dat het grondwater de kolom verlaat wordt nog wel enig nitraat aangetroffen. De vraag voor de toekomst luidt of de denitrificatie gelijke voet houdt met de uitspoeling of dat het NO_3 -profiel in het grondwater steeds breder zal worden en daarvoor dieper zal doordringen.

De nitraat-profielen bij eenzelfde bemesting en een verschil in grondwaterstand in de winter staan in fig. 5. In de voorgaande paragraaf werd reeds vermeld, dat bij relatief hogere grondwaterstand de uitspoeling geringer wordt. Blijkbaar gaat een deel van de stikstof reeds verloren in de bovengrond, doordat de zuurstofhuishouding steeds meer in gedrang komt, waardoor de denitrificatie wordt bevorderd. Daar staat tegenover dat bij verlaging van de waterstand de uitspoeling sterk toeneemt. De aanwezigheid van nitraat in diep grondwater staat of valt met de hoeveelheid nitraat, die beschikbaar is voor uitspoeling. Zo ook in kolom 5, waar ondanks de hoge bemesting maar met een relatief hoge grondwaterstand, een geringe hoeveelheid nitraat het vlak 1,0 m -mv passeert. Deze geringe hoeveelheid wordt reeds over korte afstand geheel gereduceerd. Naarmate de grondwaterstand zich in de winterperiode lager bevindt, dringt het NO_3 dieper in de ondergrond door. Echter bij een wintergrondwaterstand van 1,0 m (kolom 3) is na een verblijftijd van circa 3 jaar het nitraat-gehalte eveneens sterk gereduceerd, terwijl bij een nog diepere ontwatering (kolom 4) slechts van een geringe reductie sprake is. De denitrificatie in de ondergrond wordt deels veroorzaakt door ingespoelde org. stof, deels door afbraak van organisch materiaal, aanwezig in het bodem-sediment.

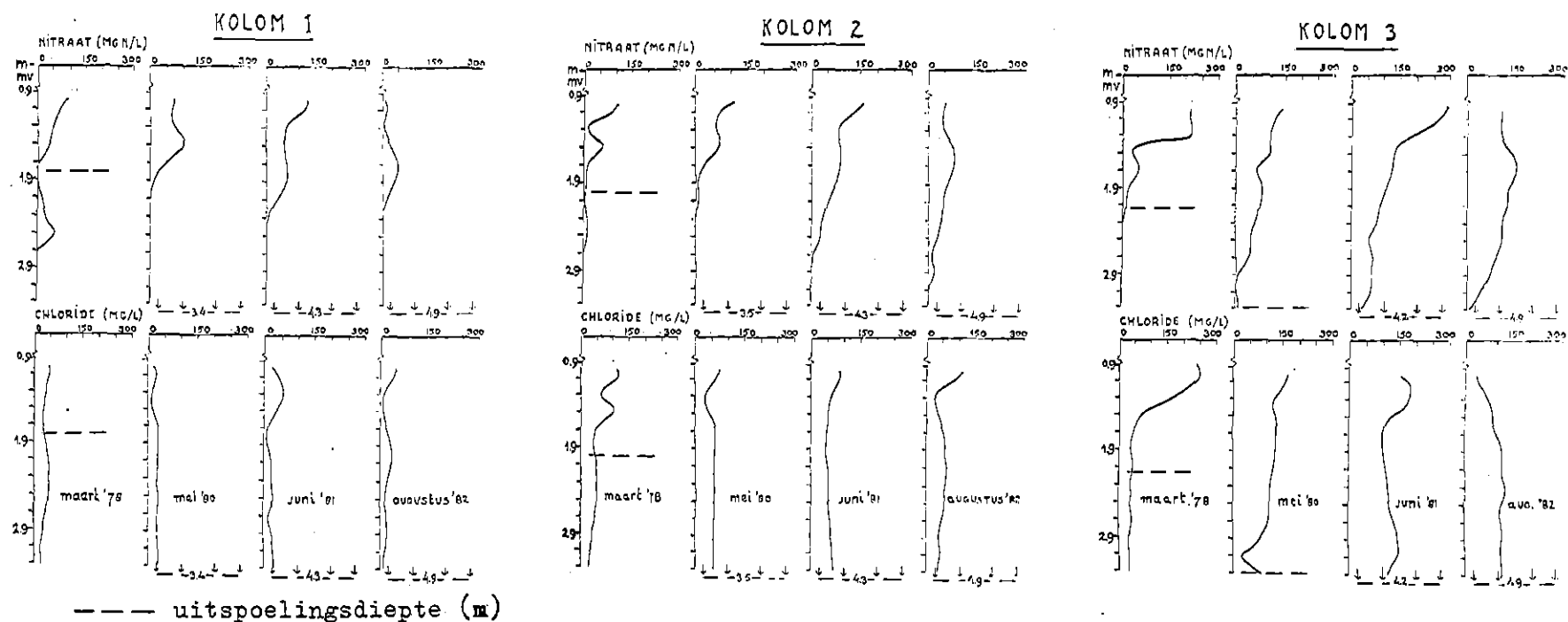


Fig. 4. Het nitraat- en chlorideverloop op verschillende tijdstippen in het grondwater van diepe lysimeters met verschillende drijfmestgiftten (kolom 1: 60 m³ V.D.M./ha, kolom 2: 150 m³, kolom 3: 300 m³.V.D.M./ha/jaar)

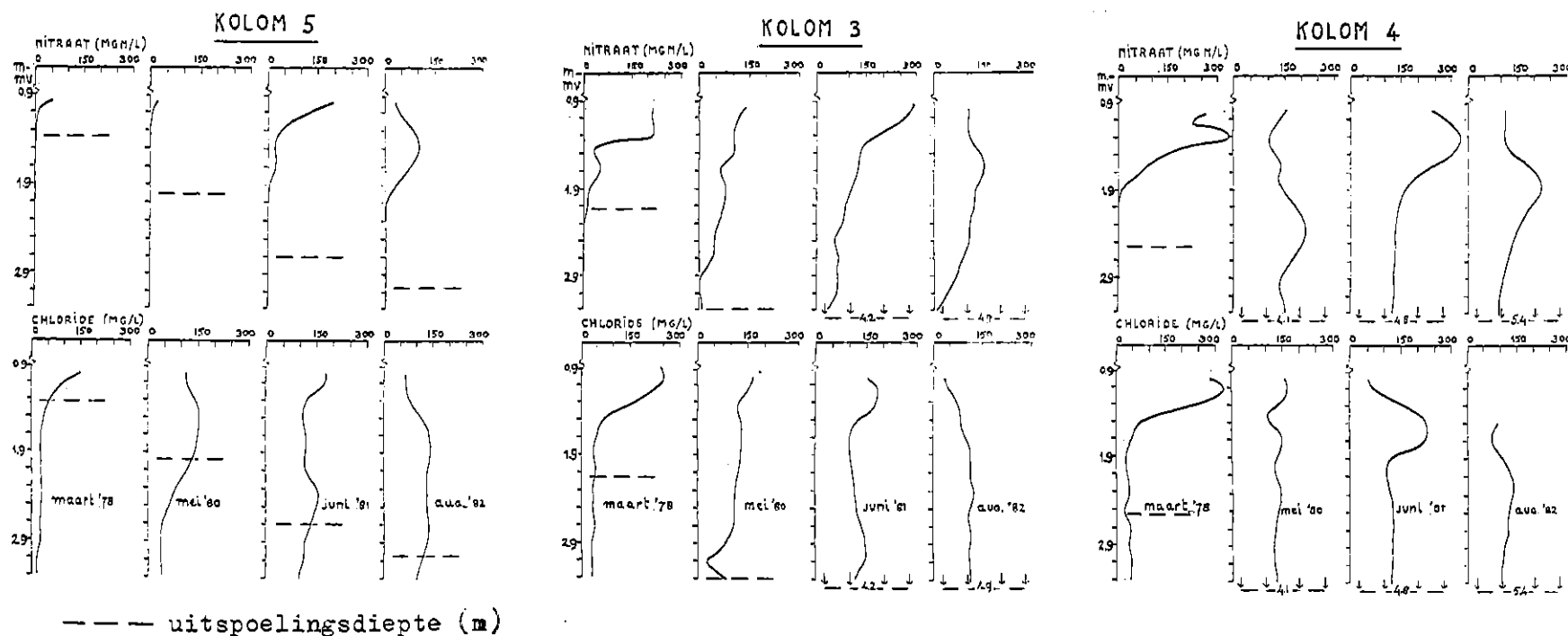


Fig. 5. Het nitraat- en chlorideverloop op verschillende tijdstippen in het grondwater van diepe lysimeters met eenzelfde jaarlijkse bemesting ($300 \text{ m}^3 \text{ VDM/ha}$) en een verschil in wintergrondwaterstand; kolom 5: 0,5 m -mv, kolom 3: 1,0 m -mv, kolom 4: 1,5 m -mv)

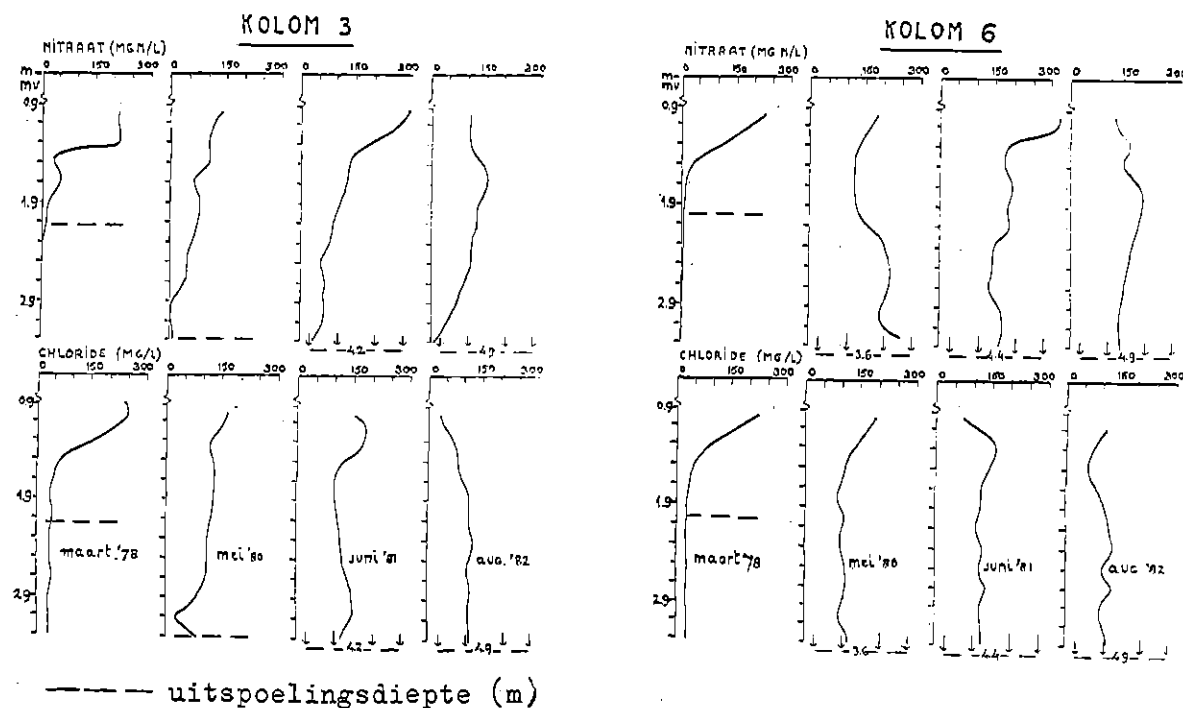


Fig. 6. Het nitraat- en chlorideverloop op verschillende tijdstippen in het grondwater van diepe lysimeters met een verschillende boven- en ondergrond en eenzelfde bemesting van $300 \text{ m}^3 \text{ VDM/ha}$ (kolom 3: kalkhoudend, kolom 6: kalkarm)

De hiervoor besproken stikstofprofielen hebben betrekking op grondwater, waarvan de pH-H₂O 6,0 à 7,0 is en het organisch stofgehalte van de ondergrond 0,9%. Wanneer we deze resultaten vergelijken met het bodemtype van kolom 6 (pH-H₂O 4,5, org. stofgehalte ondergrond 0,3%) met dezelfde condities als kolom 3 (300 m³ v.d.m., W.G. = 1,0 m), dan geven de resultaten van kolom 6 en kolom 3 duidelijk verschillen te zien (fig. 6). De uitspoeling van beide kolommen op het niveau 1,0 m is nagenoeg gelijk, te weten 500 kg N/ha. Wezenlijke verschillen treden op in de ondergrond. Met name in het grondwater met een relatief lage pH-waarde, verplaatst het NO₃ zich, zonder dat er een duidelijke verandering optreedt. Ook uit de berekeningen (tabel 9 en 10) volgt, dat na een verblijftijd van circa 3 jaar geen aantoonbare verwijdering heeft plaatsgevonden. De invloed van de pH op het denitrificatieproces is reeds bekend uit de literatuur. STEENVOORDEN (1983) heeft voor gronden met verschillende zuurgraad en organisch stofgehalte de grootte van de denitrificatie capaciteit in het grondwater berekend, waarvan de resultaten in fig. 7 staan weergegeven.

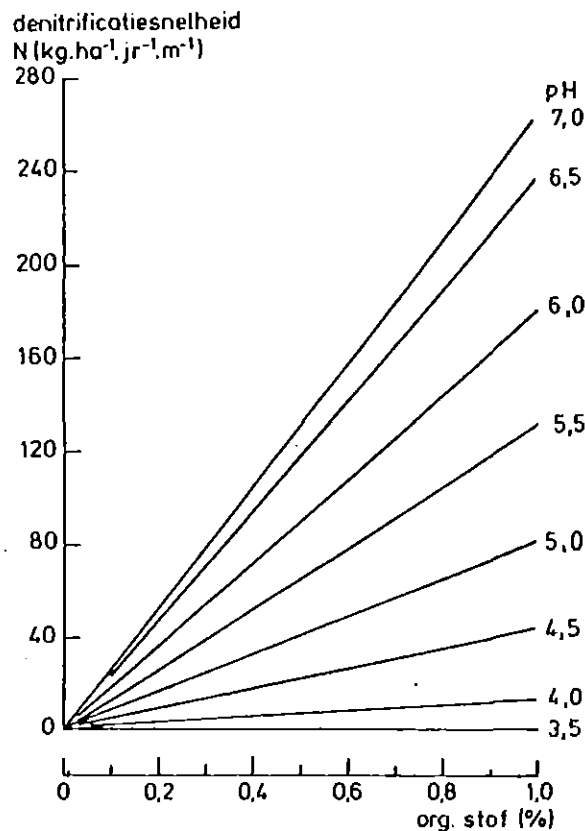


Fig. 7. De denitrificatie capaciteit van zandgrond onder verzadigde omstandigheden in afhankelijkheid van het org. stofgehalte en zuurgraad (pH-water) bij 10 °C (STEENVOORDEN, 1983)

5. SAMENVATTING EN CONCLUSIES

De intensivering in de Nederlandse veehouderij, die de laatste decennia op gang is gekomen, heeft ervoor gezorgd, dat het evenwicht tussen het aanbod van meststoffen en de behoefte van landbouwgewassen in zandgebieden plaatselijk sterk verstoord is, met als resultaat een regionaal mestoverschot. Omdat snijmais een goed voedergewas is en nauwelijks schade ondervindt van hoge drijfmestgiftten, is het areaal van deze teelt sterk uitgebreid. Deze ontwikkeling heeft tot gevolg dat de kwaliteit van het toegevoerde grondwater nadelig wordt beïnvloed, waarbij met name de nitraat concentratie ontoelaatbare waarden aanneemt, zoals fig. 1 illustreert. Onderzoek naar de omstandigheden waaronder het nitraatgehalte in het grondwater zich zal wijzigen is in 1976 gestart met een lysimeter experiment. De kolommen hebben een lengte van 3,3 m, waarin een verzadigde zone gecreëerd is, met een verblijftijd voor het grondwater van 3 - 5 jaar. De opbouw van de kolommen en de variabele omstandigheden, zoals dierlijke mestgift, wintergrondwaterstand en grondsoort staan vermeld in tabel 3 en 5.

Uit de resultaten van het lysimeter experiment, verzameld over een periode van 5½ jaar, kunnen betreffende de nitraathuishouding de volgende conclusies worden weergegeven.

1. Bouwland, bemest met verschillende hoeveelheden dierlijke meststoffen, geeft een $\text{NO}_3\text{-N}$ -uitspoeling, die rechtevenredig is met de grootte van de gift (tabel 2, 9, fig. 3A).
2. Bij een gelijkblijvende bemesting en een verandering in de waterhuishouding, neemt de uitspoeling vanuit de wortelzone toe (gemeten op 1,0 m diepte) naarmate de wintergrondwaterstand dieper komt te liggen. Een grondwaterstand in de winter dieper dan 1,50 m -mv zal de uitspoeling nauwelijks meer beïnvloeden (tabel 9, fig. 3B).
3. Een grond met een wintergrondwaterstand van 0,5 m, is volgens de grondwatertrappenkaart van STIBOKA (1969) vrij goed ontwaterd. Desondanks is de uitspoeling bij een bemesting van $300 \text{ m}^3 \text{ vdm/ha}$ aanzienlijk lager dan bij eenzelfde profiel met een bemesting van $60 \text{ m}^3 \text{ vdm}$ en een wintergrondwaterstand van 1,0 m (tabel 8 en 9).
4. De NO_3 -stikstof, die uitspoelt bij normaal gebruik van dierlijke meststoffen (tabel 1), wordt voor een groot deel reeds in de

- bovenste meter van het grondwater gedenitrificeerd (fig. 4).
5. Bouwlandpercelen, die zeer hoge giften dierlijke mest ontvangen en een voldoende hoge wintergrondwaterstand hebben (ondieper dan 0,4 m), hebben een zodanig lage NO_3^- -uitspoeling (fig. 3, tabel 8) dat de concentraties, na een verblijftijd in de verzadigde zone van circa 1 jaar, reeds beneden de norm van de WHO liggen (fig. 5).
 6. Naarmate de zuurgraad (pH) van het grondwater lager ligt, neemt de denitrificatiesnelheid af (fig. 6 en 7).
 7. Hoge drijfmestgiften hebben ook gevolgen voor de concentraties van de kationen in het grondwater (bijlage 11).

LITERATUUR

- CAD VOOR BODEMAANGELEGENHEDEN IN DE LANDBOUW, 1983. Samenstelling van dierlijke meststoffen
- HOEKS, J., 1972. Effect of leaking natural gas on soil and vegetation in urban areas. Agric. Res. Rep. 778. Pudoc-Wageningen
- LEXMOND, TH.M., W.H. VAN RIEMSDIJK, F.A.M. DE HAAN, 1982. Onderzoek naar fosfaat en koper in de bodem in het bijzonder in gebieden met intensieve veehouderij. Vakgroep Bodem en Bemestingsleer, L.H. Wageningen
- OOSTEROM, H.P. en J.H.A.M. STEENVOORDEN, 1984. Drijfmestgiften op snijmaispercelen (zandgrond) en de uitspoelingsverliezen naar het grondwater. ICW nota 1499
- _____ en J.H.A.M. STEENVOORDEN, 1974. Chemische en fysische samenstelling van grond- en oppervlaktewater in enkele gebieden. ICW nota 810, Wageningen
- SCHIJNDEL, J.H.W.M. VAN, 1978. Invloed van drijfmestdosering op de grondwaterkwaliteit (lysimeteronderzoek). Stageverslag H.L.S.-Den Bosch
- STEENVOORDEN, J.H.A.M., 1983. Nitraatbelasting van het grondwater in zandgebieden; denitrificatie in de ondergrond. ICW nota 1435, Wageningen
- VERDONSCHOT, M., 1980. Invloed van bemesting en grondwaterstand op de processen in bodem en grondwater. Stageverslag H.L.S.-Den Bosch, ICW nota 1250

Bijlage 1

Redox-potentiaalmeting (mV) met behulp van platina-calomel electrode, gemeten op verschillende diepten in de kolom en afstand tot de kolomwand (N,K,L = afstand tot wand; N=20 cm, K=10 cm, L=40cm)

	12/7	25/7	17/2	3/3	12/4	22/11	30/5	29/8		12/7	25/7	17/2	3/3	12/4	22/11	30/5	29/8
	'77	'77	'78	'78	'78	'79	'80	'80		'77	'77	'78	'78	'78	'79	'80	'80
<u>Kolom 1</u>									<u>Kolom 4</u>								
50cm-mv	+450	+470	+390	-	+590	+300	+220	-	50cm-mv	+570	+750	+740	+750	+670	+660	+635	+670
75 "	+650	+650	+630	+560	+430	+373	+350	+380	75 "	+550	+700	+650	+550	+450	+450	+430	+450
125 "	+430	+450	+450	+430	+440	+390	+370	+360	125 "	+210	+370	+650	+660	+760	+390	+710	+725
175 "	N +330	+335	+400	+310	+360	+370	+320	+320	175 "	N + 40	+ 90	+450	+440	+380	+390	+400	+390
	K +320	+300	+360	+310	+450	+500	+380	+390		K - 30	-	-	-	-	-	-	-130
	L +260	+250	+310	+210	+380	+450	+380	+410		L +120	+310	+430	+440	+650	+440	+400	+430
225 "	+290	+300	+310	+300	- 70	+ 47	+290	+280	225 "	+130	+270	+270	+260	-	+310	+330	+310
325 "	+170	+250	+270	+130	- 90	-160	-170	-190	325 "	- 50	- 50	-110	-110	-115	+420	+380	+390
AG(m-mv)	1,21	1,29	1,00	1,00	1,01	1,05	1,03	1,07	AG(m-mv)	1,51	1,53	1,50	1,50	1,52	1,74	1,52	1,51
<u>Kolom 2</u>									<u>Kolom 5</u>								
50cm-mv	+710	+630	+430	+450	+470	+400	+460	+470	50cm-mv	+ 20	+260	+390	+370	+350	+650	+350	+100
75 "	+690	+640	+530	+480	+420	+310	+420	+290	75 "	+200	+130	+350	+450	+460	+750	+365	+125
125 "	+ 10	+ 35	+210	+220	+270	+230	+180	+250	125 "	+ 10	- 50	+390	+380	+450	+190	+185	+ 70
175 "	N +260	+275	+280	+220	+230	+210	+200	+210	175 "	N +370	+315	+330	+220	+330	+310	+120	+210
	K +310	+300	+330	+330	+335	+310	+310	+320		K +490	+460	+ 70	+270	+460	+293	+220	+190
	L +330	+330	+390	+300	+450	+410	+410	+410		L +360	+310	+380	+380	+260	+440	+100	+240
225 "	+240	+250	+260	+230	+360	+325	+350	+330	225 "	+330	+265	- 80	- 90	-100	-140	-170	-170
325 "	+ 70	+170	+230	+170	- 90	-130	-110	-130	325 "	+270	+200	-	- 50	0	-140	-140	-
AG(m-mv)	1,15	1,17	1,00	1,00	1,03	1,27	1,04	1,12	AG(m-mv)	0,85	1,06	0,50	0,50	0,62	1,40	0,60	1,11
<u>Kolom 3</u>									<u>Kolom 6</u>								
50cm-mv	+410	+390	+490	+470	+460	+505	+590	+630	50cm-mv	+780	+750	+675	+710	+660	+720	+775	+760
75 "	+470	+450	+350	+340	+410	+370	+440	+460	75 "	+670	+740	+750	+730	+670	+750	+720	+760
125 "	+170	+190	+370	+360	+275	+365	+330	+410	125 "	-180	-190	+410	+430	+460	+430	+415	+430
175 "	N +150	+320	+410	+400	+450	+400	+330	+410	175 "	N +390	+470	+480	+490	+520	+520	+435	+480
	K +350	+350	+290	+265	+270	+235	+150	+210		K +500	+470	+480	+520	+600	+590	+460	+600
	L +150	+290	+270	+270	+440	+400	+360	+410		L +250	+230	+220	+220	+190	+170	+140	+180
225 "	+250	+225	+210	+410	+410	+395	+330	+410	225 "	+370	+350	+280	+270	+250	+230	+205	+260
325 "	-100	-140	-100	-100	+370	+460	+350	+400	325 "	+350	+350	+410	+390	+310	+280	+290	+215
AG(m-mv)	1,10	1,09	1,00	1,00	1,01	1,56			AG(m-mv)	1,14	1,11	1,00	1,00	1,02	1,27	1,02	1,25

Temperatuur (°C) in het grondwater van 2 kolommen op verschillende diepten gemeten en op verschillende afstanden tot de wand (1977)

Datum:	7/9 /'77	8/9/'77	20/9/'77	23/9/'77	30/9/'77	7/10/'77	20/10/'77	28/10/'77	21/10/'77									
Afstand tot wand (cm)	5	40	5	40	5	40	5	40	5	40	5	40	5	40	5	40		
Plaats																		
Kolom 3																		
50 cm-mv	-	14,1	-	16,1	-	13,0	-	12,9	-	12,8	-	12,4	-	10,6	-	11,1	-	-
105 "	13,8	13,8	15,8	15,8	14,3	14,3	13,5	13,4	13,0	12,9	12,8	12,6	11,6	11,5	12,2	12,0	10,1	10,0
150 "	13,5	13,5	15,5	15,5	14,8	14,7	14,0	13,8	13,1	13,0	13,3	13,1	12,4	12,2	12,6	12,4	11,6	11,3
250 "	12,6	12,6	14,8	14,8	14,4	14,5	14,0	13,9	13,1	13,1	13,5	13,4	13,0	12,9	12,7	12,6	12,3	12,3
300 "	12,3	12,3	14,2	14,3	14,3	14,3	13,8	13,7	13,0	13,0	13,4	13,3	13,0	13,0	12,7	12,6	12,3	12,4
Kolom 5																		
50 cm-mv	-	14,2	-	16,1	-	13,1	-	13,2	-	12,8	-	12,5	-	10,6	-	11,0	-	-
105 "	13,8	13,8	15,8	15,8	14,3	14,3	13,8	13,6	12,9	12,8	12,8	12,6	11,6	11,4	11,9	11,7	10,0	9,8
150 "	13,5	13,5	15,5	15,5	14,7	14,7	14,2	14,0	13,0	13,0	13,1	13,1	12,4	12,2	12,2	12,2	11,2	11,0
250 "	12,6	12,6	14,8	14,8	14,4	14,4	14,3	14,2	13,1	13,0	13,9	13,4	12,9	12,9	12,6	12,5	12,2	12,0
300 "	12,3	12,2	14,2	14,3	14,3	14,3	14,0	13,9	13,0	12,9	13,2	13,3	12,8	12,9	12,6	12,6	12,1	12,3
Omgevings temperatuur	15,5		15,5		15,5		15,8		15,0		14,5		14,5		16,5		15,4	

Vochthoeveelheden (l) per bodemlaag van 10 cm gemeten bij veldcapaciteit van de bodem (grondwaterstand: K 1, 2, 3 en 6: 1,0 m -mv; K 4: 1,5 m -mv; K 5: 0,5 m -mv)

Bodemlaag (cm)	Kolom 1 t/m 3	Kolom 4 liter mm.	Kolom 5 liter mm	Kolom 6
0- 10	11,3	9,4 18,8	11,5 23	11,3
10- 20	12,0	10,8 21,6	12,0 24	10,9
20- 30	13,0	12,2 24,4	11,8 23,6	12,2
30- 40	14,8	14,8 29,6	13,7 27,4	14,0
40- 50	16,3	16,5 33,0	14,9 29,8	15,9
50- 60	22,5	20,9 41,8	21 42	16,4
60- 70	22,6	20,1 40,2	21 42	17,7
70- 80	21,0	18,2 36,4	21 42	17,5
80- 90	21,0	16,9 33,8	21 42	17,7
90-100	21,1	18,1 36,2	21 42	18,0
100-110	-	20,9 41,8	21 42	-
110-120	-	21,2 42,4	21 42	-
120-130	-	20,5 41,0	21 42	-
130-140	-	19,7 39,4	21 42	-
140-150	-	20,1 40,2	21 42	-

Het poriënvolume in de ondergrond is voor kolom 1 t/m 5 en kolom 6 respectievelijk 42% en 37%. Per bodemlaag van 20 cm bevat de bodem in verzadigde toestand respectievelijk 84 en 74 mm oftewel 42 en 37 liter.

Grondwaterstanden van de kolommen (m -mv; 020577 = 2 mei 1977)

<u>datum</u>	<u>kolom 1</u>	<u>kolom 2</u>	<u>kolom 3</u>	<u>kolom 4</u>	<u>kolom 5</u>	<u>kolom 6</u>	
020577	1.01	1.02	1.01	1.51	0.51	1.19	
160577	1.00	1.00	1.00	1.50	0.50	1.00	
030677	1.04	1.00	1.00	1.50	0.55	1.01	
170677	1.03	1.00	1.00	1.50	0.50	1.00	
050777	1.16	1.09	1.04	1.50	0.63	1.10	
150777	1.24	1.19	1.14	1.52	1.02	1.17	
010877	1.33	1.16	1.03	1.54	1.09	1.06	zomer
150877	1.37	1.26	1.12	1.50	1.22	1.11	
010977	1.00	1.01	1.00	1.51	0.54	1.01	
160977	1.14	1.14	1.13	1.51	0.96	1.19	
031077	1.16	1.12	1.22	1.57	1.03	1.15	
141077	1.28	1.24	1.22	1.58	1.08	1.16	
011177	1.25	1.20	1.19	1.56	1.05	1.16	
151177	1.00	1.00	1.00	1.50	0.50	1.00	
291177	1.00	1.00	1.00	1.50	0.50	1.00	
151277	1.00	1.00	1.00	1.50	0.50	1.00	
301277	1.00	1.00	1.00	1.50	0.50	1.00	winter
150178	1.00	1.00	1.00	1.50	0.50	1.00	
300178	1.03	1.04	1.04	1.53	0.50	1.04	
140278	1.00	1.00	1.00	1.50	0.50	1.00	
010378	1.00	1.00	1.00	1.50	0.50	1.00	
150378	1.00	1.00	1.00	1.50	0.50	1.00	
280378	1.00	1.00	1.00	1.46	0.50	1.00	
180478	1.00	1.00	1.03	1.50	0.52	1.00	
280478	1.00	1.02	1.01	1.47	0.50	1.02	
150578	1.00	1.01	1.01	1.52	0.63	1.03	
020678	1.11	1.14	1.13	1.52	0.91	1.16	
140678	1.18	1.23	1.24	1.55	1.10	1.24	
290678	1.29	1.34	1.34	1.61	1.23	1.22	zomer
130778	1.17	1.13	1.32	1.62	1.14	1.06	
040878	1.25	1.28	1.44	1.65	1.23	1.20	
160878	1.31	1.34	1.51	1.58	1.33	1.23	
300878	1.38	1.42	1.61	1.61	1.44	1.26	
120978	1.46	1.52	1.73	1.68	1.55	1.34	
021078	1.49	1.56	1.80	1.70	1.65	1.11	
131078	1.48	1.58	1.79	1.68	1.66	1.08	
301078	1.41	1.40	1.32	1.69	1.70	1.15	29

<u>datum</u>	<u>kolom 1</u>	<u>kolom 2</u>	<u>kolom 3</u>	<u>kolom 4</u>	<u>kolom 5</u>	<u>kolom 6</u>
161178	1.43	1.54	1.85	1.72	1.74	1.19
011278	1.38	1.35	1.85	1.72	1.75	1.16
121278	1.25	1.19	1.77	1.64	1.69	1.01
291278	1.00	1.00	1.57	1.50	1.35	1.00
130179	1.00	1.01	1.31	1.51	1.18	0.96
300179	1.05	1.06	1.42	1.55	1.34	1.13
160279	1.02	1.03	1.10	1.50	0.93	1.04
020379	1.03	1.03	1.03	1.52	0.75	1.00
130379	1.00	1.00	1.00	1.50	0.50	1.01
290379	1.00	1.00	1.00	1.50	0.50	1.00
120479	1.01	1.03	1.01	1.52	0.62	1.02
010579	1.00	1.01	0.97	1.41	0.50	0.98
170579	1.00	1.01	1.00	1.40	0.48	1.00
010679	1.00	1.00	1.00	1.52	0.50	1.00
140679	1.00	1.01	0.96	1.50	0.57	1.01
290679	1.01	1.03	1.03	1.50	0.78	1.09
150779	1.05	1.15	1.18	1.50	1.05	1.22
250779	1.10	1.21	1.25	1.54	1.14	1.28
170879	1.11	1.27	1.32	1.56	1.24	1.32
300879	1.18	1.35	1.41	1.61	1.34	1.38
170979	1.22	1.40	1.50	1.64	1.40	1.42
300979	1.28	1.46	1.56	1.68	1.45	1.46
151079	1.29	1.48	1.58	1.70	1.48	1.52
021179	1.34	1.53	1.65	1.76	1.53	1.50
191179	1.15	1.32	1.55	1.72	1.39	1.27
301179	1.00	1.18	1.49	1.70	1.30	1.17
131279	1.00	1.00	1.29	1.63	1.08	1.00
281279	0.91	1.00	1.08	1.50	0.86	0.98
150180	1.00	1.00	1.00	1.50	0.50	0.99
010280	1.05	1.01	1.00	1.60	0.50	1.01
150280	1.00	1.00	1.00	1.50	0.62	1.04
290280	1.00	1.01	1.00	1.50	0.60	1.02
140380	1.00	1.00	1.00	1.54	0.50	1.00
310380	1.02	1.03	1.01	1.51	0.50	1.00
140480	1.00	1.00	1.00	1.50	0.50	1.00

Lente

<u>datum</u>	<u>kolom 1</u>	<u>kolom 2</u>	<u>kolom 3</u>	<u>kolom 4</u>	<u>kolom 5</u>	<u>kolom 6</u>
250480	1.00	1.00	1.00	1.50	0.50	1.00
060580	1.00	1.00	1.00	1.50	0.50	1.00
300580	1.03	1.04	1.03	1.52	0.60	1.02
110680	1.02	1.03	1.01	1.51	0.73	1.03
010780	1.00	1.02	1.00	1.51	0.75	1.03
140780	1.00	1.01	1.00	1.50	0.38	0.96
010880	1.02	1.05	1.05	1.52	0.80	1.13
130880	1.05	1.08	1.08	1.53	1.01	1.17
290880	1.07	1.12	1.15	1.51	1.11	1.25
120980	1.11	1.17	1.22	1.57	1.20	1.17

Wint.

031080	1.08	1.17	1.29	1.62	1.28	1.34
171080	1.01	1.11	1.25	1.60	1.26	1.30
061180	1.00	1.09	1.31	1.67	1.31	1.31
181180	1.00	1.02	1.02	1.70	1.01	1.09
061280	1.00	1.00	1.00	1.50	0.65	1.00
191280	1.00	1.00	1.00	1.50	0.50	1.00
050131	1.00	1.00	1.00	1.50	0.50	1.00
150131	1.00	1.00	1.00	1.50	0.50	1.00
030131	1.00	1.00	1.00	1.50	0.50	1.00
160231	1.00	1.00	1.00	1.50	0.50	1.00
010231	1.00	1.00	1.00	1.50	0.50	1.00
190331	1.00	1.00	1.00	1.50	0.50	1.00
300331	1.00	1.02	1.01	1.51	0.56	0.98

Lente

150481	1.00	1.00	1.01	1.50	0.56	1.00
300481	1.00	1.01	1.02	1.51	0.51	1.02
190581	1.06	1.00	1.06	1.53	0.62	1.07
290581	1.04	1.07	1.05	1.53	0.60	1.05
050681	1.02	1.04	1.03	1.51	0.80	1.04
150681	1.09	1.06	1.03	1.53	0.39	1.09
290681	1.18	1.20	1.12	1.53	1.02	1.15
130731	1.20	1.25	1.18	1.55	1.10	1.22
300731	1.31	1.35	1.25	1.56	1.25	1.25
130831	1.39	1.43	1.31	1.60	1.35	1.31
010931	1.43	1.47	1.36	1.62	1.41	1.31
150931	1.43	1.43	1.39	1.64	1.43	1.35

Bijlage 4 (vervolg)

<u>datur</u>	<u>kolom 1</u>	<u>kolom 2</u>	<u>kolom 3</u>	<u>kolom 4</u>	<u>kolom 5</u>	<u>kolom 6</u>
051081	1.41	1.51	1.39	1.64	1.39	1.32
191081	1.24	1.37	1.31	1.66	1.46	1.27
041181	1.00	1.04	1.00	1.50	1.16	1.07
161181	1.00	1.02	1.00	1.50	1.06	1.03
271181	1.00	1.00	1.00	1.50	0.62	1.00
111281	1.00	1.00	1.00	1.50	0.50	1.00
281281	1.00	1.00	1.00	1.50	0.50	1.00
150182	1.00	1.00	1.00	1.50	0.50	1.00
300182	1.00	1.00	1.00	1.50	0.50	1.00
150282	1.00	1.00	1.00	1.50	0.50	1.00
300282	1.00	1.00	1.00	1.50	0.50	1.00
150382	1.00	1.00	1.00	1.50	0.50	1.00
300382	1.00	1.00	1.00	1.50	0.50	1.00
150482	1.00	1.00	1.00	1.50	0.50	1.00
300482	1.00	1.00	1.00	1.50	0.50	1.00
190582	1.02	1.03	1.01	1.48	0.65	1.01
030682	1.00	1.00	1.00	1.50	0.55	1.00
150682	1.00	1.00	1.00	1.50	0.52	1.00
010782	1.00	1.00	1.00	1.50	0.50	1.00
130782	1.00	1.00	1.00	1.50	0.78	1.00
230782	1.13	1.19	1.16	1.50	1.07	1.11
160882	1.28	1.35	1.28	1.55	1.33	1.46
300882	1.27	1.33	1.28	1.56	1.38	1.76
130982	1.34	1.39	1.34	1.61	1.46	1.73
270982	1.39	1.44	1.39	1.64	1.51	1.68
121082	1.37	1.42	1.37	1.66	1.53	1.70
251082	1.22	1.30	1.30	1.68	1.58	1.64
151182	1.07	1.24	1.22	1.64	1.53	1.51
291182	1.01	1.03	1.06	1.52	1.23	1.30
131282	1.00	1.01	1.02	1.51	0.89	1.00
231282	1.00	1.00	1.00	1.50	0.57	1.00

Neerslaggegevens van Sinderhoeve (mm) te Renkum

<u>maand:</u>	<u>1977</u>	<u>1978</u>	<u>1979</u>	<u>1980</u>	<u>1981</u>	<u>1982</u>
januari	63.5	60.2	51.9	54.6	79.0	70.1
februari	80.4	75.4	50.2	76.1	29.9	14.3
maart	44.1	90.0	86.7	39.7	131.6	70.9
april	47.2	34.5	36.6	58.3	13.4	23.5
mei	50.2	55.2	121.1	65.1	64.6	49.6
juni	73.7	71.7	108.8	48.6	71.4	94.0
juli	57.5	67.8	34.7	119.5	34.3	14.4
augustus	145.9	53.7	57.2	42.7	29.6	21.3
september	4.4	31.3	25.4	53.1	65.5	19.3
oktober	46.0	70.1	31.4	74.5	117.2	93.2
november	157.9	21.5	76.2	90.2	64.9	84.5
december	46.3	100.0	136.0	86.9	71.4	73.0
JAAR totaal	617.6	731.1	619.2	809.3	772.5	639.7

neerslagoverschot

Samenstelling varkensdrijfmest en toegediende hoeveelheden

<u>DaTUM</u>	21/03/77	01/11/77	16/11/78	22/11/79	06/11/80	07/11/81	17/11/82
<u>Bepalingen :</u>							
droge stof geh. (%)	3,5	15,6	9,0	11,6	10,5	11,7	11,3
Tot. fosfaat-geh. (gP/l)	1,038	2,046	1,617	2,376	2,805	2,660	2,750
Tot. stikstof-geh. (gN/l)	4,590	12,13	6,340	7,100	8,700	7,102	8,000
Ammonium-gehalte (")	2,450	8,745	3,696	4,196	5,055	4,005	3,800
Calcium (g/l)	0,900	1,800	1,070	-	-	1,000	3,003
Magnesium "	0,460	1,350	0,600	-	-	1,050	1,266
Natrium "	0,430	1,000	0,660	0,590	0,780	0,580	1,039
Kalium "	2,650	5,900	5,200	4,600	6,700	3,000	6,308
Sulfaat 1) "	1,500	5,700	3,996	-	-	-	3,720
chloride "	1,040	4,000	2,160	1,470	3,350	2,150	1,500
Chemische O ₂ -geh. (gO ₂ /l)	54,74	256,30	82,60	(-)	14,60	-	-
<u>drijfmesttoediening</u>							
kolom wet 60 t. (l.VDM/kol.)	5,3	2,0	2,7	2,0	2,3	2,05	2,1
" " 150 t. "	13,3	5,0	6,7	5,0	5,7	5,13	5,3
" " 300 t. "	26,7	10,0	13,3	10,0	11,4	10,26	10,6

1) In de vdm is de op het lab. geanalyseerde sulfaat aanwezig in gereduceerde vorm. Het S-gehalte is $1/3 \times \text{SO}_4$ -gehalte

Gewasanalyses en opbrengsten van de lysimeters (1977 t/m 1982)

GEWASPRODUCTIE IN 1977

1 juli 1977 Niet gewogen.

	K 1	K 2	K 3	K 4	K 5	K 6
<u>11 augustus</u>						
vers gewicht (g.) p.k.	1377	1538	1190	1050	1850	1000
% droge stof	16,8	12,9	14,2	14,2	18,2	15,4
d.s. prod. p. kolom (g./0,5 m ²)	231	198	169	149	337	154

<u>19 augustus</u>						
vers gewicht (g) per k.	700	620	560	550	740	490
% droge stof	10,2	9,3	8,6	8,9	8,5	9,3
d.s. prod. p. kolom	71	57	48	49	63	46

<u>16 september</u>						
vers gewicht (g.) p.k.	870	1090	890	948	1310	820
% droge stof	13,2	13,0	14,1	12,9	12,6	16,3
d.s. prod. p. kolom	115	142	126	122	165	134

<u>14 oktober</u>						
vers gewicht (g.) p.k.	750	1110	1060	1050	1120	720
% droge stof	21,2	17,3	16,4	16,6	16,7	18,6
d.s. prod. per kolom	159	192	174	175	187	134

Totale productie*

Vers gewicht per kolom (g/0.5m ²)	5074	5896	4890	4648	6870	4030
d.s. prod. per kolom (g./0,5 m ²)	807 (2)	787 (3)	686 (4)	644 (5)	1089 (1)	622 (6)

*De productie op 1 juli is gelijk gesteld aan die op 11 augustus

Gegevens kolom 1: 60 ton d.m./ha, H.G. 1.00 m-mv beekeerd

2:150	"	"	1.00	"	"
3:300	"	"	1.00	"	"
4:300	"	"	1.50	"	"
5:300	"	"	0.50	"	"
6:300	"	"	1.00	"	kalkarme veldpodsol

GEWASPRODUCTIE IN 1978

datum mestgift: 1 nov. 1977

zaaidatum: 29 maart 1978 (60g/.5 m²)

	K 1	K 2	K 3	K 4	K 5	K 6
<u>14 juni</u>						
vers gewicht (g.) p.k.	780	1133	1625	1213	2336	1314
% droge stof	19,5	18,0	17,0	21,6	16,0	19,5
d.s. prod. p.kolom (g)	150	204	276	262	374	256
<u>25 juli</u>						
vers gewicht p.k. (g)	815	1160	1920	1360	1950	820
% droge stof	22	21	16	16	18	19
d.s. prod. p.kolom (g)	183	242	306	220	343	158
<u>22 september</u>						
vers gewicht (g) p.k.	340	660	1130	845	1020	520
% droge stof	23,4	21,0	21,2	20,1	21,8	20,6
d.s. prod. p.kolom (g)	80	139	240	170	222	107
<u>1 november</u>						
vers gewicht p.k. (g)	490	740	1045	1185	915	665
% droge stof	25,9	19,6	20,7	18,3	21,2	18,9
d.s. prod. p.kolom (g)	127	145	216	217	194	126
<u>Totale productie</u>						
Vers gewicht per kolom (g/0.5 m ²)	2425	3693	5720	4603	6221	3319
d.s. prod. per kolom (g/0.5 m ²)	541	730	1038	869	1133	647

GEWASPRODUCTIE 1979

datum mestgift: 16 november 1978 (d.s. geh. 9%)

zaaidatum: 17 april 1979 (B.G.11)

<u>oogstdatum</u>	<u>kolom 1</u>	<u>kolom 2</u>	<u>kolom 3</u>	<u>kolom 4</u>	<u>kolom 5</u>	<u>kolom 6</u>
<u>14 juni</u>						
vers gew. (g.) p.k.	410	1380	1960	2440	2265	2160
% droge stof	14,5	11,6	9,8	9,0	10,7	9,7
d.s. prod. p.kolom	60	160	192	221	241	210
<u>25 juli</u>						
vers gew. (g.) p.k.	434	1250	1640	1334	2210	1340
% droge stof	21,9	21,5	17,8	19,5	15,9	18,8
d.s. prod. p.kolom	95	269	292	260	351	252
<u>19 september</u>						
vers gew.p.k.(g.)	535	735	1055	680	1080	775
% droge stof	29,2	28,1	34,1	32,6	34,7	29,0
d.s. prod. p.kolom	156	207	360	222	375	225
<u>21 november</u>						
vers gewicht p.k.(g.)	275	374	392	452	351	457
% droge stof	19,4	18,5	18,0	17,7	18,1	19,9
d.s. prod. p.kolom	54	69	71	80	64	91
<u>Totale productie</u>						
vers gewicht (g./ $\frac{1}{2}m^2$)	1654	3739	5047	4906	5906	4732
droge stof "	365	705	915	783	1031	778

GEWASPRODUCTIE 1980

datum mestgift: 22 november 1979 (droge stofgehalte 11,6%)

zaaidatum: 25 april 1980 (B.G. 11, 18 g. per kolom)

<u>oogstdatum:</u>	<u>kolom 1</u>	<u>kolom 2</u>	<u>kolom 3</u>	<u>kolom 4</u>	<u>kolom 5</u>	<u>kolom 6</u>
<u>12 juni</u>						
vers gew.per kolom(g)	145	210	345	305	635	175
% droge stof	21,5	20,7	18,9	18,5	15,7	20,4
d.s.-prod.per kolom(g.)	31	44	65	56	100	36
% NO ₃	1,49	3,22	4,47	4,49	5,28	3,51
% N	4,08	4,75	5,01	5,07	4,98	4,94
N-opname (kg N/ha)	27	43	78	68	124	41
<u>15 juli</u>						
vers gew.per kolom (g)	680	1030	1415	1405	1780	910
% droge stof	13,4	13,2	12,3	11,6	12,4	11,9
d.s.-prod. per kolom (g)	91	136	174	163	221	108
% NO ₃	0,38	0,85	3,04	3,78	4,41	2,53
% N	3,30	3,74	4,21	4,37	4,22	4,35
N-opname (kg N/ ha.)	62	107	171	170	231	106
<u>21 augustus</u>						
vers gew.per kolom(g)	295	485	465	935	960	930
% droge stof	26,3	26,3	31,5	23,5	19,5	19,0
d.s.-prod. per kolom(g)	78	128	147	220	187	177
% NO ₃	0,18	0,23	0,78	1,00	0,75	0,33
% N	2,61	2,45	3,07	2,85	2,99	2,46
N-opname (kgN/ha)	41	64	96	135	118	90
<u>8 oktober</u>						
vers gew.per kolom (g)	240	440	805	745	1140	680
% droge stof	25,7	28,2	21,0	21,9	20,7	23,0
d.s.-prod. per kolom(g)	62	124	169	163	236	156
%NO ₃	0,04	0,06	0,81	0,47	0,41	0,22
% N	2,21	2,35	2,90	2,78	2,67	2,53
N-opname (kgN/ha)	28	59	104	94	130	80
<u>Totale produktie</u>						
droge stof(ton/ha)	5,2	8,6	11,1	12,0	14,9	9,5
N-opname (kg N/ha)	158	278	449	467	603	317
Opname N/ ton d.s.	30,2	32,2	40,5	39,5	40,0	33,3

GEWASPRODUCTIE IN 1981

datum mestift: 6 november 1980 (11.7 % droge stof)

zaaidatum: 4 mei 1981 (B.G. 11)

oogstdatum:

	kolom 1	kolom 2	kolom 3	kolom 4	kolom 5	kolom 6
-15 juni 1981						
vers gewicht per kolom (g.)	555	820	1020	990	1265	820
% droge stof	17,8	17,7	16,9	17,0	15,3	17,3
droge stof prod. per kol (g.)	98,5	145,3	172,0	167,9	192,9	142,0
% NO ₃	0,85	2,89	5,26	6,15	5,33	5,43
% N	3,34	3,84	4,26	4,08	4,22	4,27
stikstofopname (kg.ha ⁻¹)	65,8	111,6	146,5	137,0	162,8	121,3
-20 juli 1981						
vers gewicht per kolom (g.)	685	1015	1070	940	1950	1210
% droge stof	19,4	18,6	17,9	22,0	16,2	20,8
droge stof prod. per kol(g.)	133,2	188,7	191,8	206,5	315,9	251,6
% NO ₃	0,59	1,69	3,27	2,71	4,33	3,22
% N	2,77	3,18	3,31	3,22	3,49	3,52
stikstofopname (kg. ha ⁻¹)	73,8	120,0	127,0	133,0	220,5	177,1
-24 augustus 1981						
vers gewicht per kolom (g.)	660	750	840	535	1240	690
% droge stof	17,9	17,8	16,7	17,6	16,9	18,9
droge stof prod. per kol.(g.)	118,0	133,5	140,4	94,3	209,7	130,4
% NO ₃	0,83	1,24	1,19	1,40	1,69	1,80
% N	3,15	3,25	3,66	3,58	3,31	3,41
stikstofopname (kg.ha. ⁻¹)	88,5	86,8	102,8	67,5	138,8	88,9
-12 oktober 1981						
vers gewicht per kolom (g.)	635	910	1000	1050	1150	980
% droge stof	16,1	14,2	14,7	12,5	14,2	12,4
droge stof prod. per kol.(g.)	102	130	147	131	163	122
% NO ₃	0,02	0,42	1,27	1,67	1,67	0,58
% N	2,56	3,18	3,41	3,73	3,46	3,33
stikstofopname (kg.ha. ⁻¹)	52,2	82,7	100,3	97,7	112,8	81,3
*Totale d.s.-productie(ton.ha ⁻¹)	9,04	12,0	13,02	12,00	17,64	12,91
Totale N-opname (kg.ha ⁻¹)	280	401	477	435	635	469
Opname kg N/ ton d.s.	31,0	33,6	36,6	36,3	36,0	36,2

GEWASPRODUCTIE 1982

datum mestgift 5 november 1981 (11,7% d.s.)

zaaidatum: 14 april 1982 (rest van B.G. 11 - 1981)

oogstdatum

<u>8 juli.</u>	<u>kolom 1</u>	<u>kolom 2</u>	<u>kolom 3</u>	<u>kolom 4</u>	<u>kolom 5</u>	<u>kolom 6</u>
vers gew.per kolom(g)	770	1425	1950	1610	2385	530
% droge stof	14,0	17,2	15,3	15,8	14,2	15,3
d.s.-prod.per kolom(g)	108	245	298	254	339	81
% NO ₃	2,54	4,31	3,60	5,95	5,30	4,38
% N-tot	4,22	3,96	3,90	4,74	4,33	4,89
N-opname (kg/ha)	91	194	232	241	294	79

30 augustus

vers gew.per kolom(g)	565	685	666	680	1200	510
% droge stof	19,8	18,4	21,0	17,7	21,6	20,4
d.s.-prod.per kolom(g)	112	126	138	120	259	104
% NO ₃	1,62	1,92	2,47	2,83	2,43	2,52
% N-tot	4,26	4,22	4,40	4,74	(3,68)	4,66
N-opname (kg/ha)	95	106	121	114	191	97

12 oktober

vers gewicht p.kolom(g)	530	620	700	680	940	560
% droge stof	15,0	14,1	14,0	13,9	14,9	14,3
d.s.-prod.per kolom(g)	79,3	87,2	97,7	94,4	140,1	80,2
% NO ₃	1,33	1,41	2,06	2,07	1,44	1,82
% N-tot	4,16	4,06	4,46	4,42	4,02	4,35
N-opname (kg/ha.)	66	71	87	83	113	70

Totale produktie

droge stof (ton/ha)	6,0	9,2	10,7	9,4	14,8	5,3
N-opname (kg N/ha.)	252	371	440	438	598	246
Opname N-/ton d.s.	42,0	40,3	41,1	46,6	40,4	46,4

kolom 1 t/m 6 Achterhoek hallohandend
Peel. Valkenburg.

ICW-nota 1490

Team Integraal Waterbeheer

Bijlage 8

Alterra-WUR

gruost winter
GLA.

v. Dijkst m³/ha.
(89. ds) november.

Resultaten van de bemonstering van de kolommen op Sinderhoeve (8 maart '70)

	60			150			300			300			300			300		
	kolom 1			kolom 2			kolom 3			kolom 4			kolom 5			kolom 6		
	E.C. NO ₃ -N Cl			E.C. NO ₃ -N Cl			E.C. NO ₃ -N Cl			E.C. NO ₃ -N Cl			E.C. NO ₃ -N Cl			E.C. NO ₃ -N Cl		
diepte(m-nv)																		
0.1	35	20	3	105	117	8	297	343	24	335	389	24	224	161	57	297	487	28
0.3	341	51	6	150	200	11	350	455	93	284	352	20	248	241	104	532	658	39
0.5	105	122	14	296	447	22	360	539	202	395	464	88	222	104	172	541	774	81
0.7	122	173	22	186	200	85	329	315	291	306	334	184	213	116	255	476	584	150
0.9	107	128	40	134	117	99	243	214	244	360	425	250	178	100	201	298	262	262
1.1	81	72	51	134	92	114	249	209	240	282	230	329	76	5	108	223	196	184
1.3	45	1	42	51	10	61	225	212	165	325	345	234	54	2	62	151	120	102
1.5	37	<1	29	106	62	98	66	29	72	138	130	77	42	<1	43	60	29	54
1.7	39	<1	32	50	11	45	71	45	51	72	69	46	41	<1	33	57	21	40
1.9	39	1	37	39	3	34	54	14	39	37	3	31	37	<1	26	40	9	31
2.1	57	13	43	51	<1	43	52	9	39	49	1	37	43	4	32	39	7	27
2.3	57	22	45	50	7	45	46	1	34	47	1	40	38	<1	30	46	8	27
2.5	51	69	42	54	10	44	46	<1	34	51	2	18	37	<1	30	46	6	29
2.7	51	<1	35	45	1	41	41	1	37	51	4	45	32	<1	27	46	6	31
2.9	43	<1	31	42	1	36	45	3	33	49	1	37	30	<1	29	47	6	31
3.1	32	<1	21	34	<1	28	40	<1	32	48	<1	39	25	<1	19	40	4	30
3.3	38	<1	17	37	<1	24	40	<1	30	49	<1	37	32	<1	22	37	2	28

vervolg

	K TOC pH			K TOC pH			K TOC pH			K TOC pH			K TOC pH			K TOC pH		
0.1	42	156	6.9	114	160	7.0	426	300	4.9	507	(264)	4.4	277	(283)	7.7	56	378	6.5
0.3	32	194	6.9	80	118	6.6	390	183	5.1	350	224	4.8	212	138	5.9	52	201	6.0
0.5	51	251	6.8	88	156	6.7	207	151	6.4	367	273	6.6	124	112	5.8	720	473	6.8
0.7	51	62	6.4	65	76	6.4	148	73	5.9	117	251	7.2	84	85	5.8	530	102	5.6
0.9	39	35	6.5	57	138	6.2	92	55	5.7	209	168	6.7	80	60	5.8	400	112	6.3
1.1	36	60	6.1	57	28	5.7	68	49	5.9	69	55	6.2	30	39	6.2	410	43	5.0
1.3	21	60	6.1	32	49	5.9	74	33	5.8	40	35	6.1	24	62	6.1	360	44	4.9
1.5	20	43	6.0	42	33	5.7	34	49	6.0	54	25	6.1	23	60	5.8	150	58	5.3
1.7	22	39	5.9	26	43	5.6	30	43	6.0	34	28	5.9	18	43	5.7	126	70	5.1
1.9	24	43	6.0	22	35	5.6	26	53	5.8	20	39	5.9	22	33	5.9	140	112	5.1
2.1	27		6.2	22		5.9	26		5.9	21		6.0	25		6.0	110		5.5
2.3	30		5.9	22		5.7	24		5.8	22		5.7	21		5.9	160		5.0
2.5	23		6.0	23		5.9	23		5.9	24		6.0	21		6.0	120		5.5
2.7	20		6.0	20		5.7	22		5.6	24		5.7	14		5.8	130		5.0
2.9	17		6.1	15		6.0	20		6.0	20		6.0	19		6.0	130		5.3
3.1	15		6.1	13		5.8	15		6.0	13		5.8	17		5.9	110		5.1
3.3	7		6.2	9		6.2	11		6.3	10		6.2	11		6.3	120		6.2

E.C. in mho/cm bij 20°C; NO₃-N, Cl, K en TOC in mg/l.

Resultaten van de bemonstering van de kolommen op Sinderhoeve (16 mei '78)

diepte(m-mv)	kolom 1			kolom 2			kolom 3			kolom 4			kolom 5			kolom 6		
	E.C.	NO ₃ -N	Cl	E.C.	NO ₃ -N	Cl	E.C.	NO ₃ -N	Cl	E.C.	NO ₃ -N	Cl	E.C.	NO ₃ -N	Cl	E.C.	NO ₃ -N	Cl
0.5													229	207	142			
0.7													199	173	107			
0.9	121	128	19	187	198	62	352	396	114				218	155	219	504	667	108
1.1	113	115	39	171	159	81	274	242	204				134	37	197	286	248	202
1.3	80	41	51	55	31	73	240	182	230	295	233	274	87	3	146	215	179	151
1.5	53	1	41	132	89	100	184	133	184	303	287	247	59	21	95	115	85	89
1.7																		
1.9	40	1	30	48	13	46	56	48	56	57	34	49	52	1	44	60	42	51
2.3	50	3	44	48	5	37	48	2	54	45	3	39	30	1	32	71	48	56

Resultaten van de bemonstering op 8 juni 1979

diepte(m-mv)	kolom 1			kolom 2			kolom 3			kolom 4			kolom 5			kolom 6		
	E.C.	NO ₃ -N	Cl	E.C.	NO ₃ -N	Cl	E.C.	NO ₃ -N	Cl	E.C.	NO ₃ -N	Cl	E.C.	NO ₃ -N	Cl	E.C.	NO ₃ -N	Cl
0.5													251	212	358			
0.7													197	131	266			
0.9													151	233	150			
1.1	99	113	87	151	162	120	134	112	133				95	72	125	148	107	161
1.3	64	42	53	103	62	65	154	138	151				108	9	167	213	197	107
1.5	56	28	27	123	91	58	197	155	148	187	155	143				186	167	91
1.7	62	36	26	98	83	54	151	107	152	266	146	116				276	283	127
1.9										251	286	178						
2.1										189	-	148						

E.C. is weergegeven in mmho/m bij 20°C; NO₃-N en Cl in mg/l

Resultaten van de bemonstering van de kolommen op Sinderhoeve (24 jan. '79)

diepte(m-mv)	kolom 1			kolom 2			kolom 3			kolom 4			kolom 5			kolom 6		
	E.C.	NO ₃ -N	Cl	E.C.	NO ₃ -N	Cl	E.C.	NO ₃ -N	Cl	E.C.	NO ₃ -N	Cl	E.C.	NO ₃ -N	Cl	E.C.	NO ₃ -N	Cl
0.7	68	13	20													339	31	66
0.9	59	12	7	65	11	9	201	75	130									
1.1	110	32	20	146	35	23	205	75	162	355	98	80	125	3	188	367	80	127
1.3	96	21	36	96	14	43	235	53	207	300	40	275	100	2	162	255	49	140
1.5	58	-	37	130	24	60	163	23	166	278	60	204	70	0	117	109	42	121
1.7	50	-	37	89	10	62	103	13	114	235	46	101	62	0	93	160	27	112
1.9	51	-	37	189	4	43	90	10	84	135	18	91	55	0	67	151	24	90
2.1	53	-	34	59	1	43	82	8	67	104	16	73	52	0	41	116	18	76
2.3	51	-	37	53	0	32	68	6	55	80	10	60	44	1	39	159	30	88
2.5	57	-	39	52	-	27	64	4	50	64	9	49	42	0	26	102	13	64
2.7	50	-	39	53	-	25	58	3	46	53	0	48	37	0	24	113	17	63
2.9	46	-	41	52	0	25	51	1	46	54	1	44	36	1	28	74	10	46
3.1	44	-	41	52	-	36	63	0	?	52	1	60	51	0	91	68	6	65

vervolg																				
diepte(m-mv)	K		TOC		K		TOC		K		TOC		K		TOC		K		TOC	
0.7	27	73	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	39	22	-	-
0.9	26	41	33	41	152	48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.1	37	13	65	5	103	44	116	40	60	14	406	31								
1.3	35	22	57	17	85	14	80	20	51	12	398	59								
1.5	16	42	52	17	63	11	91	13	28	32	379	30								
1.7	18	27	44	24	48	22	82	13	26	25	372	14								
1.9	17	37	54	23	41	22	60	10	22	32	356	29								
2.1	16	41	32	31	39	25	49	20	22	36	274	41								
2.3	19	48	26	25	36	21	44	20	19	20	378	23								
2.5	18	50	27	30	36	32	26	35	18	33	231	37								
2.7	15	31	24	20	31	7	26	21	20	20	266	29								
2.9	13	33	21	56	19	26	22	53	19	27	151	29								
3.1	11	34	27	26	15	21	18	27	19	20	131	25								

E.C. in $\mu\text{mho}/\text{m}$ bij 20°C ; NO₃-N, Cl en K in mg/l; TOC in mg C/l

Resultaten van de bemonstering van de kolommen op Sinderhoeve (6 mei '80)

diepte(m-mv)	kolom 1			kolom 2			kolom 3			kolom 4			kolom 5			kolom 6		
	E.C.	NO ₃ -N	Cl	E.C.	NO ₃ -N	Cl	E.C.	NO ₃ -N	Cl	E.C.	NO ₃ -N	Cl	E.C.	NO ₃ -N	Cl	E.C.	NO ₃ -N	Cl
0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	332	426	27	-	334	40	-	-	-
0.3	98	103	104	126	128	6	276	326	37	223	239	74	184	205	37	309	313	72
0.5	64	69	11	293	200	55	291	254	81	235	214	90	189	132	128	348	310	169
0.7	56	57	9	128	131	23	217	184	87	249	207	98	214	139	190	314	291	160
0.9	67	65	16	160	159	65	198	158	161	-	-	-	169	73	144	270	242	171
1.1	78	68	26	107	73	62	181	172	155	217	162	164	119	21	115	226	195	189
1.3	84	68	17	110	61	29	162	105	120	188	129	161	99	3	123	192	149	152
1.5	108	102	16	118	73	45	171	107	128	160	114	110	113	<1	147	155	121	117
1.7	74	53	30	95	26	59	147	63	129	212	168	144	112	1	148	163	123	112
1.9	56	15	33	71	8	56	141	76	127	175	136	143	101	<1	146	158	122	85
2.1	50	1	30	85	10	54	118	71	121	192	167	123	90	<1	131	181	139	109
2.3	50	<1	27	70	5	54	115	59	114	206	203	134	67	<1	92	217	195	91
2.5	51	<1	26	71	2	55	113	46	113	228	211	135	57	<1	71	225	210	99
2.7	48	2	26	68	1	56	99	41	106	197	194	129	46	<1	47	220	217	102
2.9	50	1	26	67	1	54	65	1	78	188	162	125	42	<1	34	212	208	100
3.1	50	1	28	65	1	57	67	3	26	177	142	124	40	<1	30	185	179	93
3.3	50	1	31	80	1	56	84	19	86	186	152	130	41	<1	35	225	189	111
vervolg																		
	K	TOC	pH	K	TOC	pH	K	TOC	pH	K	TOC	pH	K	TOC	pH	K	TOC	pH
0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	251	369	5.0	-	1024	-	-	-	-
0.3	69	324	5.4	102	196	4.6	359	353	3.8	295	433	3.9	250	146	5.2	361	175	6.3
0.5	26	198	5.0	78	318	6.3	233	162	6.6	189	247	5.8	99	76	5.4	239	195	6.1
0.7	21	52	6.2	30	46	5.8	144	74	5.8	192	282	6.5	82	57	5.2	276	122	4.3
0.9	29	21	5.9	50	21	5.2	138	50	5.6	-	-	-	66	82	5.6	222	63	4.0
1.1	25	24	5.5	40	44	5.9	119	45	5.6	173	48	5.8	58	27	5.6	222	39	4.6
1.3	23	39	5.9	50	23	6.1	86	36	5.8	160	36	5.6	48	25	5.7	256	27	4.9
1.5	27	17	6.0	52	18	5.9	66	30	5.8	85	32	5.7	36	31	5.5	252	17	4.6
1.7	33	17	6.4	39	30	5.9	56	27	6.0	67	23	5.5	35	25	5.6	290	21	4.4
1.9	30	32	6.1	33	28	6.1	54	30	5.8	62	30	5.5	29	29	5.6	332	21	4.5
2.1	20	36	6.1	36	11	5.9	50	33	6.1	61	21	5.7	27	34	5.8	378	27	4.8
2.3	17	39	6.1	33	22	5.8	45	25	5.8	26	18	5.4	23	32	5.6	538	30	4.4
2.5	18	47	6.0	28	39	5.8	43	27	5.7	25	24	5.5	22	27	5.5	577	24	4.8
2.7	18	42	5.8	26	24	6.1	39	23	5.6	23	23	5.4	10	31	5.6	534	16	4.4
2.9	18	37	6.0	22	41	5.8	28	34	5.9	22	21	5.6	16	26	5.7	541	14	4.5
3.1	19	32	5.9	17	41	6.2	32	20	5.8	21	19	5.5	14	19	5.5	222	17	4.4
3.3	15	35	6.0	18	28	5.8	27	28	5.8	47	15	5.6	12	13	5.9	551	19	6.0

E.C. in mmho/m bij 20°C; NO₃-N, Cl en K in mg/l; TOC in mg C/l.

Resultaten van de bemonstering van de kolommen op Sinderhoeve (zomer 1981)

diepte (m-nv)	kolom 1					kolom 2					kolom 3				
	E.C.	NO ₃ -N	NO ₂ -N	Cl	pH	E.C.	NO ₃ -N	NO ₂ -N	Cl	pH	E.C.	NO ₃ -N	NO ₂ -N	Cl	pH
0.3	-	-	-	-	-	217	255	-	19	-	-	-	-	-	-
0.5	113	167	-	-	-	198	226	-	21	6.4	-	-	-	-	-
0.7	118	116	-	7	6.0	186	197	-	22	6.2	326	550	-	100	5.8
0.9	126	124	-	14	-	174	163	-	52	5.5	272	296	-	110	5.8
1.1	114	117	-	44	6.2	158	132	-	92	-	268	277	1.1	175	5.6
1.3	80	54	-	55	6.2	124	77	-	61	6.0	296	176	0.6	172	5.7
1.5	74	52	1.4	36	6.3	118	82	-	51	5.9	159	127	0.9	124	5.8
1.7	68	58	0	15	6.1	118	86	-	49	5.9	153	125	0	100	5.8
1.9	64	60	0.8	13	6.2	110	72	-	44	6.0	139	104	0	106	5.8
2.1	64	29	0.8	22	6.3	110	51	1.0	51	6.1	140	91	0.7	111	5.8
2.3	47	4	0	22	6.3	106	35	0	51	5.8	146	77	0.9	114	5.8
2.5	40	1	0.8	28	6.3	106	20	0.7	53	6.1	130	52	1.0	117	5.9
2.7	40	-	-	17	-	94	2	0.9	57	6.3	126	57	0.8	129	5.7
2.9	40	1	0.9	24	5.2	110	1	0.6	61	6.2	119	63	0.8	134	5.9
3.1	37	5	3.6	27	6.2	80	5	3.3	65	-	121	61	0	136	5.6
3.3	47	2	0.9	29	6.2	96	1	0.7	68	5.8	101	33	1.1	119	5.8

diepte (m-nv)	kolom 4					kolom 5					kolom 6				
	E.C.	NO ₃ -N	NO ₂ -N	Cl	pH	E.C.	NO ₃ -N	NO ₂ -N	Cl	pH	E.C.	NO ₃ -N	NO ₂ -N	Cl	pH
0.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	933	-	39	-	-
0.5	302	-	-	58	-	164	176	-	54	6.8	297	349	-	33	4.7
0.7	-	-	-	-	-	225	255	-	100	6.0	387	433	0	45	4.2
0.9	-	-	-	-	-	265	256	-	165	6.4	327	317	0.8	42	4.1
1.1	268	273	0.8	71	-	190	138	-	176	6.2	272	318	0.9	115	5.1
1.3	318	330	0	161	5.6	126	42	-	121	6.0	270	180	0.8	160	-
1.5	336	-	-	231	5.5	113	22	-	114	6.0	216	170	0.7	136	4.9
1.7	234	-	-	224	6.1	117	25	-	118	6.1	202	190	0.9	121	4.4
1.9	198	158	1.4	117	5.9	104	0	-	117	6.2	196	170	0.7	118	4.3
2.1	190	146	0.7	110	6.0	104	0	-	114	6.2	189	176	0.9	107	4.8
2.3	180	132	0.8	120	5.7	103	0	-	158	5.8	170	140	0.7	123	4.5
2.5	190	137	0.8	134	5.8	101	0	-	153	6.0	166	137	1.0	117	4.7
2.7	182	130	0.8	135	5.6	81	0	-	136	5.6	173	129	0.7	138	4.2
2.9	196	127	0.8	127	5.9	68	0	-	120	5.8	163	139	0	133	4.7
3.1	184	-	-	131	5.7	52	0	-	114	5.8	168	137	0	122	4.8
3.3	180	122	0.9	121	5.8	67	1	-	101	5.9	164	150	0.9	124	5.1

E.C. in mmho/m bij 20°C; NO₃-N, NO₂-N, en Cl in mg/l;

Resultaten van de bemonstering van de kolommen op Sinderhoeve (zomer 1992)

diepte (m-mv)	kolom 1			kolom 2			kolom 3			kolom 4 NO ₂ -N (mg/l)
	E.C.	NO ₃ -N	Cl	E.C.	NO ₃ -N	Cl	E.C.	NO ₃ -N	Cl	
1.1	100	13	45	-	45	84	180	105	42	-
1.3	40	1	10	90	42	26	182	108	72	-
1.5	66	27	7	124	75	37	202	140	79	-
1.7	84	45	21	124	76	56	208	151	98	-
1.9	70	33	29	112	57	56	200	127	111	0.5
2.1	60	11	32	118	44	65	194	118	112	0.6
2.3	56	1	23	106	30	50	180	104	121	-
2.5	54	1	14	112	24	58	152	104	107	-
2.7	50	1	21	-	12	-	166	83	112	1.9
2.9	42	1	21	102	16	42	150	64	107	-
3.1	22	1	14	-	1	46	154	44	107	0.7
3.3	22	4	11	70	4	39	96	2	56?	-

diepte (m-mv)	kolom 4			kolom 5			kolom 6		
	E.C.	NO ₃ -N	Cl	E.C.	NO ₃ -N	Cl	E.C.	NO ₃ -N	Cl
0.9	-	-	-	124	25	65	-	-	-
1.1	-	63	-	128	41	65	208	127	109
1.3	-	61	-	170	81	79	218	163	77
1.5	218	134	90	188	100	119	208	142	63
1.7	246	203	72	188	77	137	188	193	88
1.9	276	225	104	148	30	140	184	197	104
2.1	268	175	130	144	2	130	170	183	118
2.3	218	145	133	132	1	130	244	163	130
2.5	198	129	119	110	1	130	230	151	100
2.7	188	119	121	116	1	135	222	142	125
2.9	188	105	107	114	1	132	220	135	97
3.1	176	99	104	98	1	119	214	130	102
3.3	168	98	105	90	9	105	218	134	112

E.C. in mmho/m bij 20°C; NO₃-N en Cl in mg/l.

Uitspoeling beneden 1.00 m-mv., berekend uit het NO₃-gehalte in de kolom
en de grootte van de waterverplaatsing tijdens de winterperiode.
(Porievolumen in kolom 1 t/m 5: 42%, en in kolom 6: 37%)

		kolom 1			kolom 2			kolom 3			kolom 4			kolom 5			kolom 6		
		mm NO ₃ -N Cl			mm NO ₃ -N Cl			mm NO ₃ -N Cl			mm NO ₃ -N Cl			mm NO ₃ -N Cl			mm NO ₃ -N Cl		
PERIODE 77/78		mg/l			mg/l			mg/l			mg/l			mg/l			mg/l		
16 mei 1978																			
diepte 0.9	25	124	27	25	368	69	26	341	146	28	333	200	29	113	211	25	599	116	
1.1	84	115	39	84	159	81	84	396	204	71	377	269	84	37	197	74	240	202	
1.3	84	41	51	84	31	73	84	242	230	78	259	305	84	3	146	74	179	151	
1.5	84	1	41	84	89	100	84	182	184	84	293	262	84	21	95	74	85	89	
1.7	64	1	27	84	47	76	84	53	61	84	121	69	84	4	54	74	48	53	
1.9					61	13	46	84	133	56	84	52	42				63	42	51
2.1								33	101	55	8	3	38						
gem. gem.		341	48	39	422	78	76	479	202	141	437	219	183	365	24	130	384	154	111
24 jan. '79																			
diepte 1.1	84	140	20	84	154	23	84	325	162	71	427	80	84	11	188	74	346	127	
1.3	84	91	36	84	61	43	84	143	207	78	175	275	84	7	162	74	211	148	
1.5	84	?	37	84	105	60	84	100	166	84	262	204	84	1	117	74	198	121	
1.7	84	?	37	84	45	62	84	56	114	84	201	181	84	1	93	74	119	112	
1.9	52	?	37	84	17	43	84	44	84	84	79	91	29	1	67	74	105	90	
2.1					52	5	43	59	34	67	84	70	73				74	78	76
2.3											66	45	60						
gem. gem.		388	?	33	472	69	46	479	121	124	551	178	140	365	4	134	384	204	130
PERIODE 78/79																			
8 juni '79																			
diepte 1.1	84	113	87	84	162	120	84	112	133	71(168)(144)	84	72	125	74	107	164			
1.3	84	42	53	84	62	65	84	138	151	78(136)(143)	29	25	156	74	197	107			
1.5	84	28	27	84	91	58	24	141	150	84	155	143				74	167	84	
1.7	57	33	26	64	85	55				50	146	122				48	244	116	
gem. gem.		309	56	50	316	108	76	192	127	302(142)	131	113	60	133	270	172	110		

vervolg

	kolom 1			kolom 2			kolom 3			kolom 4			kolom 5			kolom 6		
	mm	NO ₃ -N	Cl	mm	NO ₃ -N	Cl	mm	NO ₃ -N	Cl	mm	NO ₃ -N	Cl	mm	NO ₃ -N	Cl	mm	NO ₃ -N	Cl
	<u>mg/l</u>			<u>mg/l</u>			<u>mg/l</u>			<u>mg/l</u>			<u>mg/l</u>			<u>mg/l</u>		
<u>PERIODE 79/80</u>																		
6 mei 1980																		
diepte 0.7	27	65	8	24	131	23				37	206	87				32	291	160
0.9	78	134	16	78	159	65	83	158	65	68	184	161	45	73(131)	66	242	171	
1.1	84	68	26	84	73	62	84	122	62	76	162	155	84	21	164	74	185	187
1.3	84	68	17	84	61	29	84	105	29	80	129	120	29	3	161	74	149	152
1.5	84	102	16	61	73	45	44	107	45	76	114	128				58	121	117
1.7	16	53	30															
gem. gem.	373	73	19	331	94	48	295	127	51	337	153	137	158	33	154	304	187	159
<u>PERIODE 80/81</u>																		
10 juni 1981																		
diepte 1.1	84	117	44	84	132	92	84	276	176	71	273	71	84	137	190	74	318	115
1.3	84	54	55	84	77	61	84	176	172	78	330	161	84	42	126	74	180	160
1.5	84	52	36	84	82	51	84	127	124	84(259)	133	84	21	113	74	170	136	
1.7	84	58	15	73	86	49	84	125	100	79(215)	119	18	25	117	60	190	121	
1.9	32	60	13				56	104	100									
gem. gem.	368	69	35	325	95	64	392	166	137	312	269	122	270	64	135	282	216	134
<u>PERIODE 81/82</u>																		
4 aug. 1982																		
diepte 1.1	84	13	45	84	45	84	84	105	42	71	63	157	84	41	65	84	127	109
1.3	84	1	10	84	42	26	84	108	72	78	61	269	83	81	79	84	163	77
1.5	84	27	7	73	75	37	84	140	79	84	134	90				39	142	63
1.7	8	45	21				17	151	98	27	208	72						
gem. gem.	260	15	21	241	53	50	269	120	66	262	159	167	61	72	207	144	87	
<u>SAMENVATTING</u>																		
Periode-bem.datum	kolom 1			kolom 2			kolom 3			kolom 4			kolom 5			kolom 6		
	mm	N	Cl	mm	N	Cl	mm	N	Cl	mm	N	Cl	mm	N	Cl	mm	N	Cl
	<u>kg/ha</u>			<u>kg/ha</u>			<u>kg/ha</u>			<u>kg/ha</u>			<u>kg/ha</u>			<u>kg/ha</u>		
77/78-16 mei '78	341	164	134	422	327	322	479	966	674	437	954	801	365	86	474	384	591	427
78/79-8 juni '79	309	173	155	316	344	239	192	244	275	302	428	394	113	68	150	270	466	318
79/80-6 mei '80	373	273	69	331	311	160	295	375	150	335	516	462	158	52	243	304	568	494
80/81-10 juni '81	368	255	130	325	306	207	392	650	540	312	834	379	270	172	365	282	608	377
81/82- 4 aug. '82	260	38	54	241	127	119	269	322	179	262	252	223	167	102	120	287	288	181

Uitspoeling op een diepte van 3,3 m-mv, berekend uit het NO₃-gehalte van het effluent van de kolommen en de watersafvoer (mm).

	kolom 1			kolom 2			kolom 3			kolom 4			kolom 5			kolom 6		
Periode 77/78	mm	NO ₃ -N	Cl	mm	NO ₃ -N	Cl	mm	NO ₃ -N	Cl	mm	NO ₃ -N	Cl	mm	NO ₃ -N	Cl	mm	NO ₃ -N	Cl
7-5-'77 tot 4-1-'79	mg/l			mg/l			mg/l			mg/l			mg/l			mg/l		
bem. datum 8-3-'78	341	0,2	32	422	3,9	39	479	0,9	34	437	2,1	43	365	0,9	27	384	6,2	32
<u>Periode 78/79</u>																		
bem. datum 24-1-'79	47	0,2	40	50	6,2	25	-	2,1	46	49	3,9	44	-	0,9	20	54	52	46
24-1 tot 3-5	140	-	-	152	-	-	80	-	125	125	-	-	41	-	-	135	-	-
3-5-'79	29	1,2	40	32	1,8	49	32	8,0	34	34	4,1	50	29	1,4	-	29	104	80
25-5-'79	33	1,0	58	31	1,4	52	36	17	43	43	23	74	10	0,7	-	24	114	87
6-6-'79	42	1,2	38	39	9,0	54	33	27	28	28	114	93	34	0,2	-	28	83	100
29-6-'79	18	0,7	44	12	0,2	59	11	21	23	23	129	99	-	-	-	-	-	-
gem. gemid.	309	0,9	42	316	4,4	41	192	13	69	302	27	59	113	0,9	32	270	78	66
<u>Periode 79/80</u>																		
bem. datum 13-12-'79	40	2,5	39	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28-12-'79	35	3,5	?	40	1,2	58	-	-	-	29	77	131	-	-	-	40	171	120
4-1-'80	32	4,4	41	-	-	-	38	7	69	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11-1-'80	22	2,3	38	48	1,8	53	23	12	117	48	75	126	-	-	-	51	178	110
6-2-'80	56	2,3	40	56	1,6	64	57	15	92	47	97	127	74	0,9	-	48	194	112
26-2-'80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	45	121	?	-	-	-	-	-	-
6-3-'80	33	2,5	41	34	1,6	46	35	22	80	-	-	-	-	-	-	26	196	106
8-4-'80	39	2,1	?	39	1,5	?	46	22	97	40	148	136	39	9,0	43	35	213	109
6-5-'80	11	1,6	?	12	1,5	?	13	20	?	24	153	129	-	-	-	6	207	107
30-5-'80	5	1,2	35	8	1,4	56	7	19	86	30	150	151	-	-	-	5	189	111
21-7-'80	57	2,3	37	58	0,7	60	42	14	101	24	147	136	34	3,9	48	60	191	109
25-7-'80	22	4,1	30	22	2,5	58	22	5	99	29	134	133	11	2,3	46	28	193	106
14-9-'80	21	2,5	41	14	1,6	84	12	3	106	22	143	143	-	-	-	5	196	126
gem. gemid.	373	2,7	39	331	1,5	56	295	16	93	323	119	134	150	1,6	42	304	190	110

vervolg																		
	kolom 1			kolom 2			kolom 3			kolom 4			kolom 5			kolom 6		
	mm	NO ₃ -N	Cl	mm	NO ₃ -N	Cl	mm	NO ₃ -N	Cl	mm	NO ₃ -N	Cl	mm	NO ₃ -N	Cl	mm	NO ₃ -N	Cl
periode 80/81	mg/l			mg/l			mg/l			mg/l			mg/l			mg/l		
ber. datum																		
27-11-80	45	2,3	32	30	1,2	?	-			-			-			-		
19-12-80	40	2,5	32	32	1,6	64	53	10	117	-			-			38	108	108
23/29-12	28	2,0	28	25	1,4	67	34	14	110	37	118	129	23	0,7	53	25	194	122
5/9-1-81	42	3,2	30	40	1,2	62	43	(15)	110	35	120	134	40	0,6	51	35	203	100
15-1-81	36	3,5	-	34	1,2	65	53	17	120	44	121	135	49	0,2	73	20	173	103
3-2-81	41	3,7	32	34	4,4	64	43	24	118	49	172	135	23	4,8	79	37	125	129
10-3-81	37	3,5	23	37	1,6	45	49	(29)	105	31	142	103	56	2,8	62	33	211	82
13-3-81	48	3,0	22	45	1,8	47	53	34	98	40	143	107	50	2,1	?	40	172	86
27-3-81	33	6,2	22	31	2,3	?	35	41	98	43	145	100	23	0,9	80	34	157	91
9-6-81	18	4,6	29	17	2,1	68	29	(37)	134	33	?	134	6	?	101	12	?	122
gem. gemidd.	368	3,3	28	325	1,9	59	392	24	112	312	139	123	270	1,5	66	282	177	102

Periode 81/82																		
bem.datum																		
27-11-81	45	2.5	20	-														
4-12-81	27	3.0	22	50	1.8	44	56	27	98	53	79	107				48	143	103
31-12-81	59	3.0	22	57	1.6	48	62	34	96	57	86	?	40	1.2	91	37	147	101
29-1-82	40	3.7	29	40	1.6	60	49	47	114	47	96	122	48	1.4	120	44	139	130
12-3-82	41	3.0	27	41	2.1	53	49	52	105	49	101	119	48	1.6	110	37	141	124
29-6-82	48	3.5	26	53	2.8	51	53	56	112	56	98	113	31	1.6	124	41	137	118
gem. gemidd.	260	3.1	24	241	2.0	51	269	42	104	262	92	115	167	1.4	113	207	141	115

SAMENVATTING																		
Periode	kolom 1			kolom 2			kolom 3			kolom 4			kolom 5			kolom 6		
	mm	N	Cl	mm	N	Cl	mm	N	Cl	mm	N	Cl	mm	N	Cl	mm	N	Cl
	kg/ha			kg/ha			kg/ha			kg/ha			kg/ha			kg/ha		
77-78	341	1	109	422	17	165	479	4	163	437	9	187	365	3	99	304	24	123
78-79	309	3	130	316	14	130	192	25	132	302	82	178	113	1	36	270	211	178
79-80	373	10	145	331	5	185	295	47	274	338	402	453	158	3	66	304	578	334
80-81	368	12	103	325	6	192	392	94	439	312	433	384	270	4	178	202	499	288
81-82	260	8	62	241	5	123	269	113	280	262	241	301	167	2	189	207	292	238

Voor bijlage 11 z.o.z.

Bijlage 11

Gehalten (mg.l^{-1}) van mineralen in het grondwater op de diepten 1,70 en 2,70 m -mv in de lysimeters van Sinderhoeve

	op diepte 1,70 m -mv													op diepte 2,70 m -mv												
	ortho-P	tot.-P	$\text{NO}_3\text{-N}$	$\text{NH}_4\text{-N}$	Kjeld.-N	Ca	Mg	Na	K	Cl	COD	TOC	E.C. mmho/m 20°C	ortho-P	tot.-P	$\text{NO}_3\text{-N}$	$\text{NH}_4\text{-N}$	Kjeld.-N	Ca	Mg	Na	K	Cl	COD	TOC	E.C. mmho/m 20°C
Kolom 1																										
8-3-'78	<0,01	0,03	<0,22	<0,04	1,4	56	4	14	22	29	135	39	39	<0,01	0,07	<0,2	<0,04	2,3	69	4	11	20	35	85	-	51
24-1-'79	<0,01	0,06	<0,22	0,11	2,1	70	6	14	22	37	60	27	50	0,03	0,67	<0,2	0,93	3,6	65	6	13	15	39	80	31	50
8-5-'80	<0,01	<0,01	50,8	0,14	0,92	110	8	14	33	30	50	17	74	<0,01	<0,01	1,5	0,08	3,2	72	6	17	18	26	105	42	48
Kolom 2																										
8-3-'78	<0,01	0,04	10,1	<0,04	2,3	75	6	15	26	98	85	43	50	<0,01	0,05	1,3	<0,04	1,4	66	5	14	20	41	60	-	45
24-1-'79	<0,01	0,05	9,9	<0,8	1,9	125	11	25	31	62	60	24	90	<0,01	0,47	<0,2	0,25	2,2	70	6	14	18	25	65	20	53
8-5-'80	<0,01	<0,01	24,4	0,76	2,3	150	13	34	39	59	75	30	96	<0,01	<0,01	1,1	0,11	1,2	103	8	26	26	56	68	24	68
Kolom 3																										
8-3-'78	<0,01	<0,01	43,3	<0,04	2,7	99	8	17	30	72	80	43	71	<0,01	0,02	1,3	<0,04	1,2	61	5	13	22	37	60	-	41
24-1-'79	<0,01	0,90	12,3	<0,8	2,1	145	13	31	38	114	60	22	103	<0,01	0,53	2,4	0,08	1,8	75	6	17	27	46	40	7	58
8-5-'80	<0,01	0,02	60,7	0,44	1,4	216	19	54	56	129	73	27	147	<0,01	0,01	38,9	0,20	0,8	155	12	32	39	106	58	23	99
Kolom 4																										
8-3-'78	<0,01	<0,01	65,6	<0,04	1,1	110	9	20	34	77	55	23	72	<0,01	0,01	4,6	<0,04	1,4	77	6	15	24	45	65	-	51
24-1-'79	<0,01	0,56	44,2	0,17	1,9	350	33	47	64	181	75	13	235	<0,01	0,50	0,2	0,34	2,4	75	7	17	21	48	65	21	53
8-5-'80	<0,01	0,01	160,6	0,13	1,1	317	29	66	67	144	88	23	212	<0,01	<0,01	185,9	0,05	0,54	313	26	50	23	129	64	23	196
Kolom 5																										
8-3-'78	<0,01	0,02	0,4	<0,04	1,6	68	5	11	18	43	80	47	41	<0,01	0,02	<0,2	<0,04	1,2	48	3	10	14	27	55	-	32
24-1-'79	<0,01	1,7	<0,2	0,12	2,8	103	7	18	22	93	91	25	62	<0,01	0,50	<0,2	0,34	2,1	56	4	11	14	24	50	20	37
8-5-'80	<0,01	<0,01	1,1	<0,04	1,1	176	13	50	35	148	88	25	112	<0,01	<0,01	0,4	0,21	1,5	77	5	14	18	47	90	31	46
Kolom 6																										
8-3-'78	0,05	0,92	19,8	1,0	6,4	8	1	18	126	54	250	70	57	0,05	0,52	5,9	<0,04	3,3	6	1	17	130	31	175	-	46
24-1-'79	<0,01	0,70	26,2	5,2	6,5	12	3	51	325	112	55	14	160	<0,01	0,63	16,3	0,17	2,7	5	2	38	250	63	55	29	113
8-5-'80	<0,01	<0,01	117,5	5,3	7,3	81	21	40	290	112	93	21	163	<0,01	<0,01	207,7	3,5	4,8	34	10	66	534	102	75	16	220

Naast een verhoging van de nitraatuitspoeling en de chloride-uitspoeling bij een toenemende bemesting (par.4.3), vertonen ook de kationen een hogere concentratie naarmate de bemesting toeneemt (Fig.8) Processen, die de concentratie van de kationen beïnvloeden zijn in 't algemeen van bodemchemische aard, waarbij het adsorptiecomplex een grote rol speelt. Uitgaande van een bemesting met 300 m^3 vdm en een volledige uitspoeling van de kationen bij een neerslagoverschot van 350 mm, zou men in het grondwater de volgende concentraties kunnen verwachten:

calcium:	111 mg Ca/l
kalium:	342 mg K/l
natrium:	51 mg Na/l
magnesium:	60 mg Mg/l

Enkel calcium bereikt een hogere waarde (216 mg/l op 1,7 m) dan men op basis van de gift zou verwachten, de uitspoeling ligt 2x hoger. Natrium ligt op hetzelfde niveau als de gift. Magnesium en met name kalium reageren zeer traag op de hoge mestgiftten. Uitwisseling van ionen van het adsorptiecomplex en in het bodemvocht zal de uitspoeling van kalium vertragen en van calcium tijdelijk verhogen.

Het is niet goed mogelijk om een beeld te krijgen van de invloed van de bodem op de stoffenbelasting van het grondwater, mede doordat de gegevens hiervoor niet compleet zijn. Bij een proef in de periode 1973-1982 is wel het effect nagegaan van hoge drijfmestdoseringen op opbrengst en kwaliteit van snijmaïs en de kwaliteit van de bodem en het grondwater. De resultaten van voornoemd onderzoek laten zien, dat de grondwaterkwaliteit vrijwel direct beïnvloed wordt door nitraat, over langere tijd ook door kalium, terwijl fosfaat vermoedelijk over zeer lange tijd het grondwater zal bereiken (OOSTEROM, 1984)

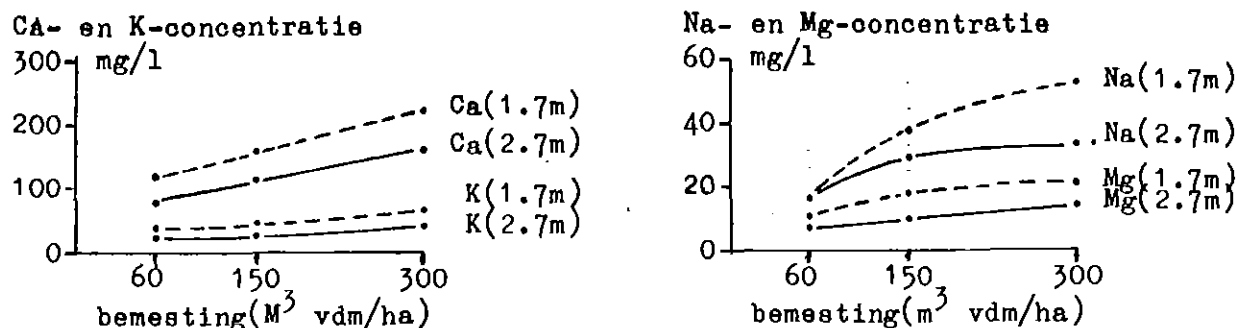


Fig.8. Ca-, Mg-, Na en K-concentratie (mg/l) in het grondwater bij toenemende bemesting op 1.7 en 2.7 m-mv, 3 jaar nadat het experiment is gestart, met als bodemtype kalkhoudend, leemhoudend zand (300 m^3 vdm bevat: 390 kg Ca, 230 kg Mg, 180 kg Na en 1200 kg K; zie bijlage 6)